

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS

NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA
BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA

Presentado por

Idoia Zabalza Ojer

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
UNIBERTSITATE MASTERRA NEKAZARITZAKO INGENIARITZAN

Directores

José Javier López Rodríguez

Maite Martínez Aldaya

Febrero, 2021 / 2021ko, Otsaila

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS

NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA
BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



Trabajo Fin de Máster titulado:

HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA

Presentado por Idoia Zabalza Ojer para optar al título de Máster Universitario en Ingeniería Agronómica, realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias de la Universidad Pública de Navarra, en el Departamento de Ingeniería, bajo la dirección de José Javier López Rodríguez y Maite Martínez Aldaya, en Pamplona el 17 de febrero de 2021.

Fdo./Stua.:

José Javier López Rodríguez

LOPEZ RODRIGUEZ
JOSE JAVIER - DNI
50418364H

Firmado digitalmente por
LOPEZ RODRIGUEZ JOSE JAVIER
Fecha: 2021.02.17 18:12:13

+01'00'

Director/zuzendaria

Fdo./Stua.:

Maite Martínez Aldaya

MARTINEZ
ALDAYA MAITE -
33428882S

Firmado digitalmente por
MARTINEZ ALDAYA MAITE -
Fecha: 2021.02.17 17:23:36

+01'00'

Directora/zuzendaria

Fdo./Stua.:

Idoia Zabalza Ojer

Estudiante/Ikasle

RESUMEN

Un 16,6% de la superficie de Pamplona está ocupada por zonas verdes, por lo que es necesario disponer de modelos de gestión sostenibles para su correcto mantenimiento. El objetivo de este trabajo fue conocer el consumo teórico de agua a partir de la metodología de huella hídrica, y las absorciones de CO₂ atmosférico a partir de la calculadora del MAPAMA. El consumo anual medio de agua azul se estimó en 1,77 hm³ con una variabilidad del 19,1%, y las absorciones de CO₂ se estimaron en 1.131 toneladas anuales, lo que equivale a un 2,4% de las emisiones de los servicios mancomunados de agua, basura y transporte público de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. Estos resultados mostraron la necesidad de conocer la variabilidad de los consumos de agua para elaborar modelos de gestión más ajustados, y redactar nuevos planes para reducir las emisiones de CO₂.

Palabras clave: Huella hídrica de zonas verdes urbanas, huella hídrica azul, huella hídrica verde, huella de carbono de zonas verdes urbanas, agua azul, agua verde, necesidades hídricas, necesidades de riego.

ABSTRACT

Green urban areas represent 16.6% of Pamplona's area, so sustainable management models are required for proper maintenance. The objective of this work was to know the theoretical water consumption based on the water footprint methodology, and atmospheric CO₂ absorptions based on the MAPAMA calculator. The average annual blue water consumption amounted to 1.77 hm³ with a variability of 19.1%, and CO₂ absorptions were 1,131 tons per year, equivalent to 2.4% of the emissions of the Commonwealth of Pamplona water, garbage, and public transport services. These results showed the need to understand the variability of water consumption to develop enhanced management models, and elaborate new plans to reduce CO₂ emissions.

Key words: Green urban areas water footprint, blue water footprint, green water footprint, green urban areas carbon footprint, blue water, green water, water demand, irrigation demand.

MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
1. Introducción	7
1.1. Antecedentes.....	8
1.1.1. Huella hídrica	8
1.1.2. Huella de carbono	9
1.2. Objetivos.....	12
2. Material y métodos	13
2.1. Descripción de la zona de estudio	13
2.1.1. Localización y descripción de la estación meteorológica	14
2.1.2. Descripción de las series de datos meteorológicos.....	15
2.1.3. Descripción de las zonas verdes urbanas	17
2.1.4. Descripción de 3 parques urbanos analizados	25
2.2. Método de cálculo de la huella hídrica en zonas verdes urbanas.....	28
2.2.1. Necesidades hídricas de jardín	29
2.2.2. Necesidades de riego.....	31
2.3. Método de cálculo de la huella de carbono en zonas verdes urbanas.....	32
3. Resultados y discusión	34
3.1. Análisis de la huella hídrica en zonas verdes urbanas	34
3.1.1. Resultados generales.....	34
3.1.2. Resultados específicos.....	38
3.2. Análisis de la huella de carbono en zonas verdes urbanas.....	49
4. Conclusiones.....	50
5. Referencias.....	52
ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES DE DATOS METEOROLÓGICOS	
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS VERDES DE PAMPLONA	
ANEXO 3: CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA	
ANEXO 4: CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA	
ANEXO 5: PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Edad del árbol en función del perímetro del tronco y la superficie unitaria estimada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	22
Tabla 2. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total de las masas arbóreas según su edad. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	22
Tabla 3. Número de árboles y superficie que ocupan según el riego. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	23
Tabla 4. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles plantados según su edad. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	23
Tabla 5. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	24
Tabla 6. Número de arbustos y superficie que ocupan según el riego. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	24
Tabla 7. Superficie de césped y de masas arbustivas en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	26
Tabla 8. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	26
Tabla 9. Superficie de césped, plantas tapizantes y masas arbustivas en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	27
Tabla 10. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	27
Tabla 11. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	27
Tabla 12. Superficie de césped y de masas arbustivas en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	28
Tabla 13. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	28
Tabla 14. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	28
Tabla 15. Valor de KL según los coeficientes Ks, Kd y Kmc, para cada tipo de vegetación. Fuente: Clark et al. (1995).	31
Tabla 16. Superficie total y número de árboles distribuidos por toda la ciudad de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	32
Tabla 17. Absorciones acumuladas estimadas expresadas en t CO ₂ /pie según el género u especie. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).	33
Tabla 18. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	34
Tabla 19. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	34
Tabla 20. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque de Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	35
Tabla 21. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	35

Tabla 22. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes de Pamplona, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.....	36
Tabla 23. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.	36
Tabla 24. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque de Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.....	36
Tabla 25. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.....	37
Tabla 26. Superficie regada y superficie no regada, del total de zonas verdes y de los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1.	37
Tabla 27. Superficie regada y superficie no regada, del total de zonas verdes y de los 3 parques analizados, para la Hipótesis 2.	37
Tabla 28. Desviación típica del valor de la huella hídrica de los últimos 5 años respecto de la media de los últimos 15 años, en el total de las zonas verdes y en los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1 e Hipótesis 2.....	38
Tabla 30. Aumento de la huella hídrica azul y verde según la Hipótesis 2, en comparación con la Hipótesis 1.....	49
Tabla 31. Absorciones de CO ₂ en el Parque Vuelta del Castillo, Parque Yamaguchi y Parque del Mundo, respecto a las absorciones de CO ₂ de todas las zonas verdes, para un periodo de 50 años.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del carbono de corto plazo: Flujo de carbono entre los distintos almacenes, donde se incluye una estimación de la cantidad de carbono almacenado x10 ¹⁸ mol. Fuente: Chivelet (2010).....	10
Figura 2. Ciclo del carbono de largo plazo: Flujo de carbono entre los distintos almacenes, donde se incluye una estimación de la cantidad de carbono almacenado x10 ¹⁸ mol. Fuente: Chivelet (2010).....	10
Figura 3. Tipos de climas en Navarra según la Clasificación de Köppen. Fuente: Meteo Navarra (2021)..	13
Figura 4. Tipos de climas en Navarra según la Clasificación de Papadakis. Fuente: Meteo Navarra (2021).	14
Figura 5. Estación automática propiedad de la Universidad Pública de Navarra. Fuente: Meteo Navarra (2021).	14
Figura 6. Temperatura media máxima de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).	16
Figura 7. Precipitación mensual acumulada para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).	16
Figura 8. Temperatura media mínima de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).	16
Figura 9. Insolación media diaria de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).	16
Figura 10. Césped en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 11. Césped en la Bajada del Labrit. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 12. Césped en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia.	18

Figura 13. Césped en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 14. Praderas en la ribera del río Arga, cerca del Puente de la Magdalena. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 15. Praderas en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 16. Praderas en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 17. Praderas en el Parque Fluvial. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 18. Plantas tapizantes en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 19. Plantas tapizantes en el talud de la Bajada del Labrit. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 20. Masas florales en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 21. Combinación de masas florales y arbustivas en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 22. Rotonda de masas florales y arbustivas en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 23. Combinación de masas florales y árboles en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 24. Masa arbustiva de la especie <i>Viburnum rhytidophyllum</i> en la Bajada del Labrit. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 25. Masas arbustivas (dcha. <i>Buxus sempervirens</i> e izq. <i>Euonymus japonicus</i>) en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 26. Masa arbustiva de la especie <i>Taxus baccata</i> en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 27. Masa arbustiva de la especie <i>Aucuba japonica</i> en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 28. Masa arbórea de la especie <i>Populus x euramericana</i> en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 29. Masas arbóreas naturales en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 30. Masa arbórea de la especie <i>Platanus x hybrida</i> en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 31. Masa arbórea de la especie <i>Populus x euramericana</i> en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 32. Árboles de las especies <i>Gleditsia triacanthos</i> (izq.) y <i>Platanus x hispanica</i> (dcha.) en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 33. Árboles de las especies <i>Sequoiadendron giganteum</i> (al fondo) y <i>Fagus sylvatica</i> (al frente) en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 34. Árboles de la especie <i>Pinus pinea</i> en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 35. Árboles de la especie <i>Acer negundo</i> en alcorques de la Avenida del Ejército. Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 36. Arbustos de delimitación del carril bici en la calle Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 37. Arbustos de delimitación del carril bici en la calle Navas de Tolosa. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 38. Superficie total de zonas verdes de Pamplona, clasificada según el tipo de vegetación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	25

Figura 39. Número de árboles presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	25
Figura 40. Imagen del Parque Vuelta del Castillo (Iturrama). Fuente: Elaboración propia.	25
Figura 41. Imagen del Parque Yamaguchi (Ermitagaña). Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 42. Imagen del Parque del Mundo (Chantrea). Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 43. Evapotranspiración de referencia (ET _o) en mm/mes, para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CROPWAT 8.0.	39
Figura 44. Precipitación efectiva acumulada (P _{ef}) en mm/mes, para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CROPWAT 8.0.	39
Figura 45. Superficie que ocupan los distintos tipos de vegetación del total de zonas verdes regadas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	40
Figura 46. Variación de la huella hídrica azul anual y huella hídrica verde anual (en m ³), para la media de los últimos 15 años, según la superficie que ocupa cada tipo de vegetación.	40
Figura 47. Variación de la huella hídrica azul anual y huella hídrica verde anual (en m ³), para la media de los últimos 15 años, según la superficie que ocupa cada tipo de vegetación.	41
Figura 48. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2015.	42
Figura 49. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2016.	42
Figura 50. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2017.	42
Figura 51. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2018.	42
Figura 52. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2019.	42
Figura 53. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para la media de los últimos 15 años.	44
Figura 54. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2015.	44
Figura 55. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2016.	44
Figura 56. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2017.	44
Figura 57. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2018.	44
Figura 58. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2019.	44
Figura 59. Comparación entre los consumos teóricos de agua anuales (T) y los consumos teóricos de agua entre los meses de junio y septiembre incluidos (V), para la Hipótesis 1.	45
Figura 60. Variación de la huella hídrica verde y huella hídrica azul del total de zonas verdes en los últimos 5 años, respecto de la media de los últimos 15 años, para la Hipótesis 1.	46
Figura 61. Huella hídrica teórica azul y verde anual expresa en m ³ (en función de la superficie), para la media de 15 años, en los 3 parques analizados, según la Hipótesis 1.	46
Figura 62. Figura 61. Huella hídrica teórica azul y verde anual expresada en mm, para la media de 15 años, en los 3 parques analizados, según la Hipótesis 1.	47
Figura 63. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque Vuelta del Castillo, expresado en m ³ . Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.	47

Figura 64. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque Yamaguchi, expresado en m³. Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.....48

Figura 65. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque del Mundo expresado en m³. Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.....48

1. Introducción

En los últimos años, las sucesivas sequías, inundaciones, ciclones o tormentas eléctricas que han afectado a todo el mundo, han causado enormes daños a la población desde el punto de vista económico como personal (grandes pérdidas económicas en las actividades industriales y agroganaderas, y la destrucción de zonas pobladas). Estos fenómenos están directamente relacionados con el cambio climático, e indirectamente relacionados con las actividades humanas.

Esta situación de inestabilidad ha provocado un estado de inseguridad en la población, obligando a las instituciones a elaborar estudios ambientales y de gestión sostenible de los recursos naturales, surgiendo nuevos conceptos o indicadores ambientales como la huella hídrica y la huella de carbono.

La sobreexplotación de los recursos naturales, o las grandes emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera producidos de forma antrópica, han provocado la desestructuración de los ciclos naturales del planeta (como el ciclo del carbono o el ciclo hidrológico), produciendo así un mayor desorden en el clima (mayor variabilidad temporal). En este sentido, es necesario elaborar nuevas políticas de gestión sostenible de los recursos naturales, para no ocasionar desequilibrios (debido a un uso descontrolado de los recursos naturales) en los ciclos naturales del planeta.

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) *“por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”* (ONU, 1992).

Las actividades humanas han producido un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incrementando la temperatura media terrestre, conocido también como calentamiento global. En la atmósfera, los principales GEI son el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃). Además, en la atmósfera hay una serie de GEI creados únicamente por el ser humano, como son los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFCs) y los perfluorocarbonos (PFCs). Estos gases se acumulan en la atmósfera y absorben la energía reflejada en la Tierra, produciendo así el efecto invernadero (IDEAM, 2014). Como la energía que llega a la Tierra es devuelta al exterior más lentamente, por defecto, la temperatura terrestre aumenta (la energía se mantiene más tiempo junto a la superficie elevando su temperatura) (Espíndola & Valderrama, 2012).

Según el Protocolo de Kioto (que entró en vigor el 16 de febrero del 2005, y que establece reducir las emisiones de GEI a la atmósfera para los principales países desarrollados y economías en transición, con fin de prevenir el cambio climático), los principales GEI son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (UNFCCC, 2008).

La primera medida tomada a nivel mundial para controlar el cambio climático (lo que equivale a llevar un mayor control de las actividades humanas) fue el Acuerdo de París. Este fue el primer tratado internacional y jurídicamente vinculante sobre el cambio climático (adoptado en la Conferencia sobre el Clima de París (COP21) en diciembre de 2015), con el objetivo de disminuir las emisiones de GEI producidos de forma antrópica.

El Acuerdo de París establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso, manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2°C, y limitarlo a 1,5°C. También pretende reforzar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y a apoyarlos en sus esfuerzos. Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo. Este acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016 (Naciones Unidas, 2015).

La contribución a nivel nacional de la Unión Europea (UE) con relación al Acuerdo de París es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 40 % (hasta el 2030) con respecto a las de 1990, con arreglo a su marco más amplio en materia de clima y energía para 2030. Toda la legislación clave de la UE para aplicar este objetivo se adoptó a finales de 2018 (Naciones Unidas, 2015).

Pese a este acuerdo, las cifras actuales de emisiones mundiales siguen estando muy por encima de las necesarias para poder cumplir los objetivos marcados. En este contexto, se ve necesario conocer al detalle la presión que ejerce cada una de las actividades humanas sobre el planeta (debido a la sobreexplotación de los recursos naturales) a partir de indicadores ambientales, y reducirlas al mínimo posible mitigando así el cambio climático. El uso de indicadores como la huella hídrica y la huella de carbono ayudan a evaluar la situación actual con mayor detalle y mejorar la gestión de los recursos naturales, así como la reducción de las emisiones, haciendo las actividades humanas cada vez más sostenibles.

En este trabajo se han calculado los indicadores de huella hídrica y huella de carbono en las zonas verdes de Pamplona, para evaluar la situación en la que se encuentra la ciudad en términos de gestión y sostenibilidad, y analizar la representatividad de estos datos.

1.1. Antecedentes

Conocer la huella hídrica y la huella de carbono de las distintas actividades humanas, es el principio para poder desarrollar modelos de gestión eficientes y sostenibles que contribuyan a mitigar el cambio climático. A continuación se describen estos indicadores y la importancia de su aplicación en el ámbito urbano, centrándose en las zonas verdes urbanas.

1.1.1. Huella hídrica

La huella hídrica se define como el volumen de agua dulce utilizada de forma directa como indirecta en las actividades humanas (Hoekstra et al., 2011). Este indicador muestra los volúmenes de consumo de agua por fuente, y volúmenes contaminados por tipo de contaminación. Dentro del indicador de huella hídrica, esta se divide en 3 componentes:

- Huella hídrica azul: se refiere al consumo de los recursos de agua azul (agua superficial y subterránea) a lo largo de la cadena de valor de las actividades humanas.
- Huella hídrica verde: se refiere al consumo de los recursos de agua verde (agua de lluvia que no se pierde por escorrentía) a lo largo de la cadena de valor de las actividades humanas (actividades agropecuarias y forestales).
- Huella hídrica gris: se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones de fondo naturales y las normas de calidad ambiental.

La huella hídrica es una medida volumétrica del consumo de agua y su contaminación, que aporta información espacio-temporal explícita sobre cómo se usa el agua en las diversas actividades humanas. Cabe destacar que la huella hídrica no es una medida del impacto ambiental, ya que este depende de la vulnerabilidad del sistema de agua local y de la cantidad de agua que consumidores hacen uso del mismo sistema (Hoekstra et al., 2011).

Este concepto surgió para tratar temas sobre el uso y la asignación del agua de forma sostenible y equitativa, ya que la sobreexplotación de los recursos hídricos (aumento de la población y de las actividades humanas), el aumento de la temperatura media terrestre (calentamiento global), y el aumento de la radiación solar (agujero en la capa de ozono), han provocado un cambio en el ciclo hidrológico, haciendo del agua un bien fundamental cada vez más escaso.

El ciclo hidrológico es el sistema natural de reciclaje del agua en la tierra. Debido a la radiación solar, el agua se evapora de la superficie terrestre a partir de las masas de agua (mar en su mayor parte) y de la transpiración de las plantas. Conforme el vapor de agua sube a la atmósfera, este se enfría, se condensa y vuelve a la superficie en forma de lluvia o nieve. La lluvia o nieve moldea la superficie terrestre, dando lugar a ríos y almacenándose en lagos o en acuíferos. Finalmente, el agua acaba en el mar, repitiéndose el ciclo de nuevo (ciclo continuo) (Inglezakis et al., 2016).

El cambio climático ha afectado al ciclo hidrológico de tal forma que al aumentar la evaporación (debido al aumento de las temperaturas y la radiación solar), por consiguiente, se ha producido un aumento de la

precipitación. Esta precipitación extra no se distribuye equitativamente en todo el planeta, lo que provoca que ciertas regiones presenten reducciones significantes de precipitación, o mayores intervalos entre las estaciones secas y húmedas. Muchos aspectos económicos, medioambientales y sociales dependen de los recursos hídricos, por lo que cualquier cambio en el ciclo hidrológico supone un gran daño en el desarrollo de estos (Inglezakis et al., 2016).

Este desequilibrio en el ciclo hidrológico ha hecho necesaria la aparición de nuevos parámetros que contabilicen el consumo de agua en las distintas actividades humanas, como es el caso de la huella hídrica. En concreto, aplicar el concepto de huella hídrica a las zonas verdes urbanas es fundamental, ya que cada vez se tiende a aumentar la superficie de estas y con ello el consumo de agua, lo que supone un gran problema en aquellas regiones con climas áridos o semi áridos. A esto se le añade la variabilidad del clima, cada vez más pronunciada debido a los efectos del cambio climático, que puede hacer que el consumo de agua de las zonas verdes urbanas llegue a ser insostenible en determinadas regiones (Hamideh et al., 2019).

Muchas ciudades han adoptado planes para aumentar la superficie de zonas verdes urbanas debido a los beneficios que aportan a los ciudadanos (beneficios ambientales, sociales y económicos), pero en todo momento se debe tener un control sobre su huella hídrica y reducirla al máximo posible (eficiencia del riego), ya que el agua es cada vez un bien más escaso (Hamideh et al., 2019).

En Pamplona, las zonas verdes públicas ocupan una superficie total de 418,54 hectáreas. Estas se dividen en zonas regadas y zonas no regadas, siendo estas últimas formaciones arbóreas naturales y árboles que se encuentran en el viario (calles y avenidas principalmente). El consumo medio anual de agua en el municipio de Pamplona es de 16,35 hm³ (media de los años 2004-2010), destinándose un 10,21% al riego de zonas verdes públicas (media de 1,67 hm³ anuales) (media de los años 2004-2010). Debido al clima de Pamplona, las zonas verdes urbanas únicamente se riegan entre los meses de junio y septiembre (ambos incluidos), ya que supuestamente las precipitaciones cubren las necesidades hídricas durante el resto del año. En este trabajo se ha calculado la huella hídrica teórica de las zonas verdes públicas de Pamplona en los últimos 5 años, y se ha comparado con el consumo real (información aportada por el ayuntamiento de Pamplona).

1.1.2. Huella de carbono

La huella de carbono se define como la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades humanas (actividades de producción, consumo de bienes y servicios) (Espíndola & Valderrama, 2012). El aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (debido a un aumento de la población y por consiguiente, un aumento en la sobreexplotación de los recursos), han provocado la desestructuración del ciclo de carbono (aceleración del proceso) (Chivelet, 2010).

El ciclo del carbono es la forma en la que el flujo del carbono circula entre sus diferentes almacenes de la Tierra (atmósfera, hidrosfera, biosfera, rizosfera y litosfera), controlado por procesos físicos, químicos y biológicos. Su capacidad de almacenamiento, como las tasas de intercambio entre los almacenes (que funcionan como fuentes o sumideros), son extremadamente variables y efectivas a escalas temporales. Por todo ello, según la escala temporal, los mecanismos que intervienen en el ciclo del carbono son distintos. Se diferencian 2 tipos, un ciclo del carbono de corto plazo y un ciclo del carbono de largo plazo (Chivelet, 2010).

El ciclo del carbono de corto plazo es objetivo de muchos estudios ya que va dirigido a escalas temporales de generaciones humanas (escalas temporales breves). En este, el papel de la litosfera es muy pequeño (no se tiene en cuenta), en cambio, los flujos entre los sistemas superficiales (atmósfera, hidrosfera, biosfera y rizosfera) son fundamentales. Cabe destacar que este ciclo no incluye las actividades humanas, a pesar de que genera una importante perturbación al introducir factores del ciclo de largo plazo en escalas temporales más breves (como son la quema de combustibles fósiles, meteorización de la materia orgánica de las rocas y descomposición térmica de los carbonatos) (Chivelet, 2010).

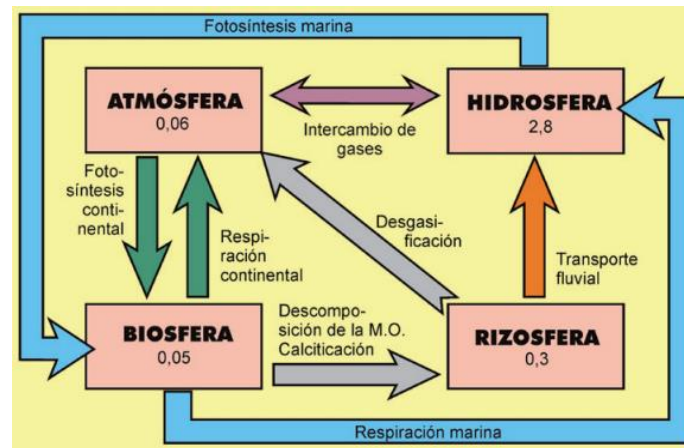


Figura 1. Ciclo del carbono de corto plazo: Flujo de carbono entre los distintos almacenes, donde se incluye una estimación de la cantidad de carbono almacenado $\times 10^{18}$ mol. Fuente: Chivelet (2010).

Por el contrario, el ciclo del carbono de largo plazo está referido a escalas de millones o decenas de millones de años, y recoge mecanismos de intercambio lentos pero inexorables. Estos se refieren fundamentalmente a la transferencia de carbono entre la litosfera y el sistema superficial. Dada la baja capacidad de almacenamiento de estos subsistemas (los océanos almacenan la mayor parte), los flujos netos entre ellos a escalas de millones de años son muy poco importantes (Chivelet, 2010).

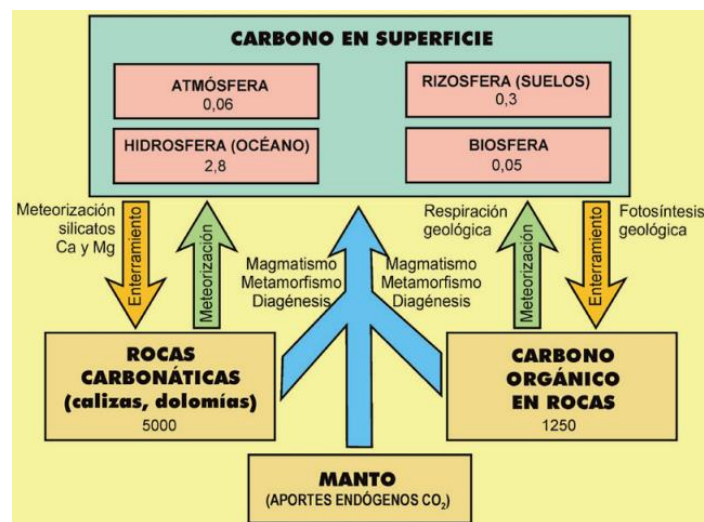


Figura 2. Ciclo del carbono de largo plazo: Flujo de carbono entre los distintos almacenes, donde se incluye una estimación de la cantidad de carbono almacenado $\times 10^{18}$ mol. Fuente: Chivelet (2010).

El ciclo de carbono es un proceso muy complejo, pero este se puede explicar de forma sencilla describiendo las principales fuentes y sumideros que lo componen, independientemente de la escala temporal. A continuación, se describen los mecanismos fundamentales que controlan los intercambios de carbono entre la litosfera y el sistema superficial (Chivelet, 2010).

Fuente de CO_2 : Desgasificación litosférica

La desgasificación litosférica constituye la principal transferencia de carbono desde el interior de la Tierra hacia el sistema superficial a largo plazo. Existen 2 tipos de desgasificación litosférica (Chivelet, 2010):

- Actividad volcánica: los gases de origen volcánico están formados esencialmente por H_2O y CO_2 , y constituyen la principal fuente de CO_2 atmosférico a escala de millones de años. La actividad volcánica global varía en intensidad a lo largo del tiempo y, con ello, también el proceso de desgasificación.
- Metamorfismo de las rocas sedimentarias: los carbonatos sedimentarios se descomponen térmicamente durante su enterramiento, lo que provoca la liberación de gases carbonosos.

Sumidero de CO₂: Meteorización de silicatos

Se trata de un proceso complejo por el cual se transfiere CO₂ desde la atmósfera y los suelos, hasta la litosfera de forma muy lenta. Este proceso tiene una gran importancia en el ciclo del carbono de largo plazo, y funciona con diferente intensidad según la época geológica considerada (Chivelet, 2010).

Los silicatos son un grupo de minerales que constituyen el 95 % de la corteza terrestre. Estos no tienen carbono, pero contienen calcio y otros iones que si se liberan pueden combinarse con CO₂ del almacén de superficie, generando calizas u otros carbonatos de origen sedimentario. Este proceso consta de las siguientes partes (Chivelet, 2010):

- 1) El agua de lluvia disuelve CO₂ atmosférico y edáfico (en forma de ácido carbónico H₂CO₃).
- 2) El agua rica en H₂CO₃ interacciona en superficie con rocas ricas en silicatos, produciendo su alteración química (meteorización).
- 3) En la alteración el mineral original es destruido y se genera otro mineral más estable en las condiciones de superficie (minerales de la arcilla, sílice, etcétera) y un agua residual con iones bicarbonato HCO₃⁻.
- 4) El agua residual drena hacia el océano donde el bicarbonato se combina con el calcio para dar lugar a carbonatos y éstos a su vez a sedimentos carbonáticos.
- 5) Con el enterramiento de esos sedimentos, el carbono es finalmente retirado hacia la litosfera, que funciona como sumidero.

En este proceso, las plantas cumplen un importante papel debido a su actividad radicular. Estas aceleran la retirada de CO₂ durante la meteorización a través de varios mecanismos como la secreción de ácidos orgánicos por las raíces y la microflora simbiótica asociada, la recirculación de agua por transpiración y la retención del suelo por parte de las raíces (Chivelet, 2010).

La meteorización de los silicatos ha sido muy efectiva en la regulación del CO₂ atmosférico. El calentamiento global y la elevada concentración de CO₂ en la atmósfera, ha aumentado la actividad vegetal, y por consiguiente la meteorización, produciendo así la retirada del CO₂, interviniendo en la mitigación del cambio climático. El aumento del proceso de meteorización no solo aporta más carbono a los océanos, sino que también incrementa el flujo de otros elementos, como fósforo y hierro a las aguas oceánicas. Por lo tanto, una productividad primaria elevada y persistente en el tiempo induce a su vez una mayor decantación, sedimentación y enterramiento de la materia orgánica y, con ello, un mayor flujo de carbono desde el sistema superficial hacia la litosfera (Chivelet, 2010).

Sumidero de CO₂: Fotosíntesis geológica

La retirada de CO₂ desde la atmósfera a través de la fotosíntesis es un proceso que tiene mucha relevancia en el ciclo del carbono a corto plazo. La fotosíntesis geológica es vital para la Tierra, además de servir como sumidero de CO₂ (la materia orgánica es enterrada), esta tiene como producto el oxígeno (O₂). Por lo tanto, al mismo tiempo que la litosfera acumula CO₂ a través de la fotosíntesis geológica, la Tierra aumenta su cantidad de O₂ atmosférico (Chivelet, 2010).

Fuente de CO₂: Respiración geológica

La respiración geológica consiste en el proceso natural de desenterrado y erosión de las rocas sedimentarias ricas en materia orgánica a través del ciclo geológico (proceso contrario al descrito anteriormente), convirtiéndose en una fuente de CO₂. La exposición de la materia orgánica fósil a un medio oxidante provoca su oxidación y la consiguiente devolución de CO₂ a la atmósfera. Una mayor o menor tasa de respiración geológica dependerá de la cantidad de materia orgánica expuesta y de las tasas globales de erosión. Cuanto más rápida sea la denudación (desgaste de la superficie terrestre), más cantidad de materia orgánica será oxidada y mayor será el flujo de CO₂ devuelto a la atmósfera (Chivelet, 2010).

Debido a la aceleración del ciclo del carbono (aumento del CO₂ atmosférico y de la erosión del paisaje debido a las actividades humanas), se ve necesario cuantificar las emisiones de CO₂ a partir de parámetros

como la huella de carbono, para adoptar medidas y reducir las emisiones de CO₂ en el futuro por debajo de valores aceptables.

Las ciudades juegan un papel importante en el ciclo del carbono debido a la gran cantidad de actividades humanas que concentran. Una gran proporción de emisiones de CO₂ se producen en las ciudades, pero a su vez estas capturan y almacenan carbono en sus zonas verdes urbanas. El secuestro de CO₂ en las zonas verdes urbanas es difícil de cuantificar, pero su cálculo es fundamental para conocer la importancia de estos espacios y su contribución a reducir la cantidad de CO₂ atmosférico (Strohbach et al., 2012). Cabe destacar que las zonas verdes urbanas no solo aportan calidad de vida a sus habitantes, sino que además cumplen un función esencial que es la preservación de los ciclos naturales.

En la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) (con una superficie de 1.327,9 km², de los cuales Pamplona solo ocupa un 2%), las principales causas de la generación de emisiones de CO₂ vienen del vertido de materia orgánica en el CTRU de Góngora y del uso del gasoil como combustible para autobuses del transporte urbano y camiones de recogida de residuos. La implementación de autobuses híbridos (que reducen las emisiones de CO₂ en un 25%), así como las políticas para la recogida separada de la materia orgánica a través del 5º contenedor, han demostrado su eficacia en la reducción de las emisiones, pasando de 60.275,3 t de CO₂ en 2014 a 47.211,4 t de CO₂ en 2019 (por lo que se han reducido las emisiones de CO₂ a la atmósfera en un 21,7% en 5 años) (MCP, 2020). Además, la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona produce cada vez una mayor cantidad de energías renovables a partir de sus 3 centrales hidroeléctricas (Eugui, Urtasun y Eguillor), como a través del aprovechamiento del biogás generado en la depuradora de Arazuri y en el CTRU de Góngora (MCP, 2015).

Otra alternativa para reducir las emisiones de CO₂ es la plantación de arbolado en las zonas urbanas. Un estudio realizado por la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona determinó que el Parque Fluvial ejercía una función de sumidero de CO₂ (contribuía a la absorción de CO₂ atmosférico), minimizando el cambio climático causado por los GEI. El estudio realizado determinó que el Parque Fluvial llevaba acumulado un total de 29.486 t de biomasa, equivalente a 54.098 t de CO₂ fijado (no se estimó en cuanto tiempo se había acumulado esa cantidad de biomasa) (MCP, 2017). Cabe destacar que el Parque Fluvial gestionado por la MCP, tiene una longitud de 29 km, mientras que el Parque Fluvial gestionado por el Ayuntamiento de Pamplona, tiene una longitud de 11 km (MCP, 2019).

En total, Pamplona cuenta con 74.896 árboles que cumplen la función de sumidero, reduciendo así las emisiones de CO₂ que se producen en la ciudad. Para calcular la huella de carbono de estas zonas verdes urbanas (emisiones y absorciones) a lo largo de todo el ciclo de vida, es necesario conocer el número de árboles, especies, labores de mantenimiento y vehículos empleados, así como herramientas usadas, duración de las labores, etcétera. Al no disponerse de toda esta información para el cálculo de su huella de carbono, únicamente se han tenido en cuenta las absorciones de CO₂ en las zonas verdes públicas de Pamplona.

1.2. Objetivos

El objetivo general de este Trabajo Fin de Máster es evaluar la huella hídrica y huella de carbono en las zonas verdes públicas de Pamplona, y dar a conocer su importancia en lo que respecta a la sostenibilidad ambiental, con el fin de promover un modelo de ciudad sostenible y de calidad urbana centrada en las personas.

Por lo tanto, los objetivos específicos de este trabajo son:

- Calcular el consumo teórico de agua de las zonas verdes públicas de Pamplona, evaluar su variabilidad en los últimos 5 años, y compararlo con el consumo real de agua en esos años.
- Calcular las absorciones de CO₂ atmosférico de las zonas verdes públicas de Pamplona, y demostrar la importancia de los espacios verdes en esta ciudad.

2. Material y métodos

2.1. Descripción de la zona de estudio

El estudio se ha llevado a cabo en la ciudad de Pamplona (Navarra), que cuenta con una superficie de 25,11 km² y 201.653 habitantes (Instituto de Estadística de Navarra, 2019). Pamplona tiene alrededor de 418,54 hectáreas de zonas verdes públicas distribuidas por toda la ciudad, convirtiéndola en una de las ciudades de España con mayor superficie de parques y jardines por habitante (IRUSKAN, 2020).

En los últimos años, esta localidad ha ido aumentando el número de zonas verdes, ocupando actualmente un 16,6% de la superficie total de la ciudad. Además, en Pamplona hay un total de 74.896 árboles de una gran variedad de especies distribuidos por todo el casco urbano (parques y jardines, y viario urbano).

En lo que se refiere al clima de Pamplona, en los últimos 15 años la precipitación media anual ha sido de 696,5 mm, pudiendo alcanzar valores máximos y mínimos anuales de 1.033,6 mm y 464,1 mm. La temperatura media anual es de 13°C, y la media de las máximas y mínimas absolutas es de 27,8 °C y 0,8 °C (Estudio Climático de Navarra, 2020).

Según la clasificación de Köppen, Pamplona pertenece al grupo de climas templados, en la categoría de clima *Marítimo de costa occidental (Cf2b)* (Figura 3). Se trata de un clima templado, con precipitaciones suficientes a lo largo del año (sin estación seca) y con dos meses secos. El verano es fresco ya que no se superan los 22 °C de media en el mes más cálido. Además, las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año (Meteo Navarra, 2021).

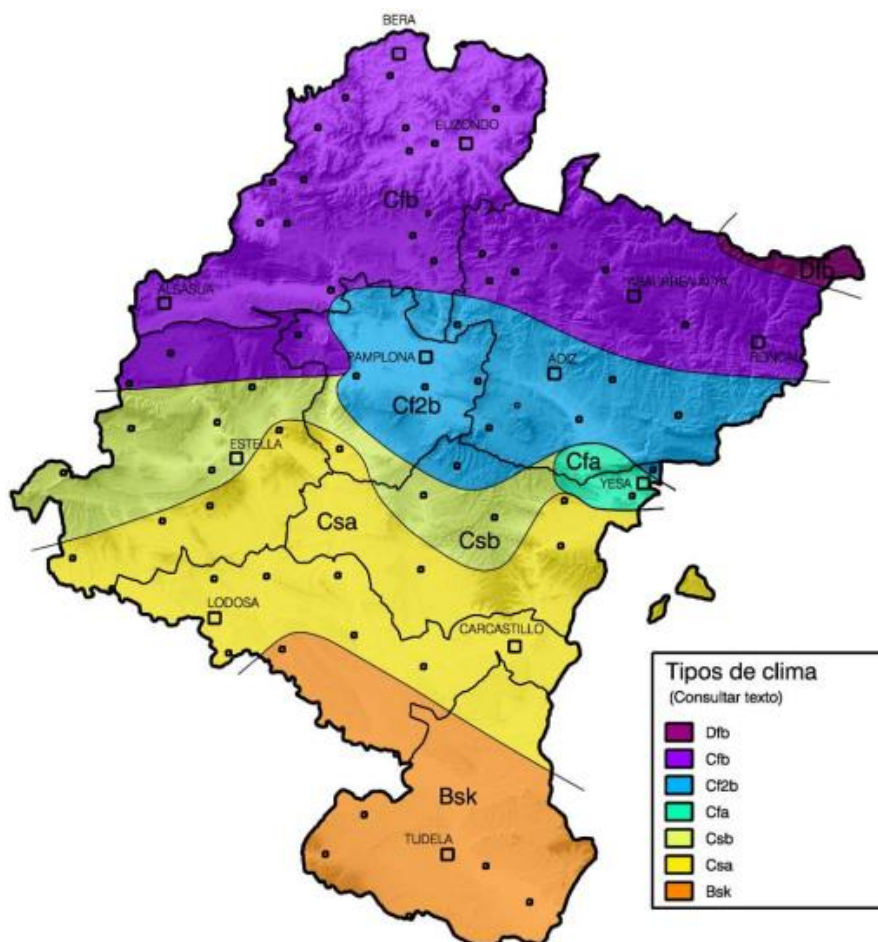


Figura 3. Tipos de climas en Navarra según la Clasificación de Köppen. Fuente: Meteo Navarra (2021).

Por otro lado, según la clasificación de Papadakis, Pamplona pertenece a la categoría de clima *Mediterráneo templado húmedo (Meth)* (Figura 4). Al igual que en la clasificación de Köppen, se trata de

un clima templado con veranos secos, un régimen hídrico mediterráneo húmedo, y 2 meses secos (Meteo Navarra, 2021).

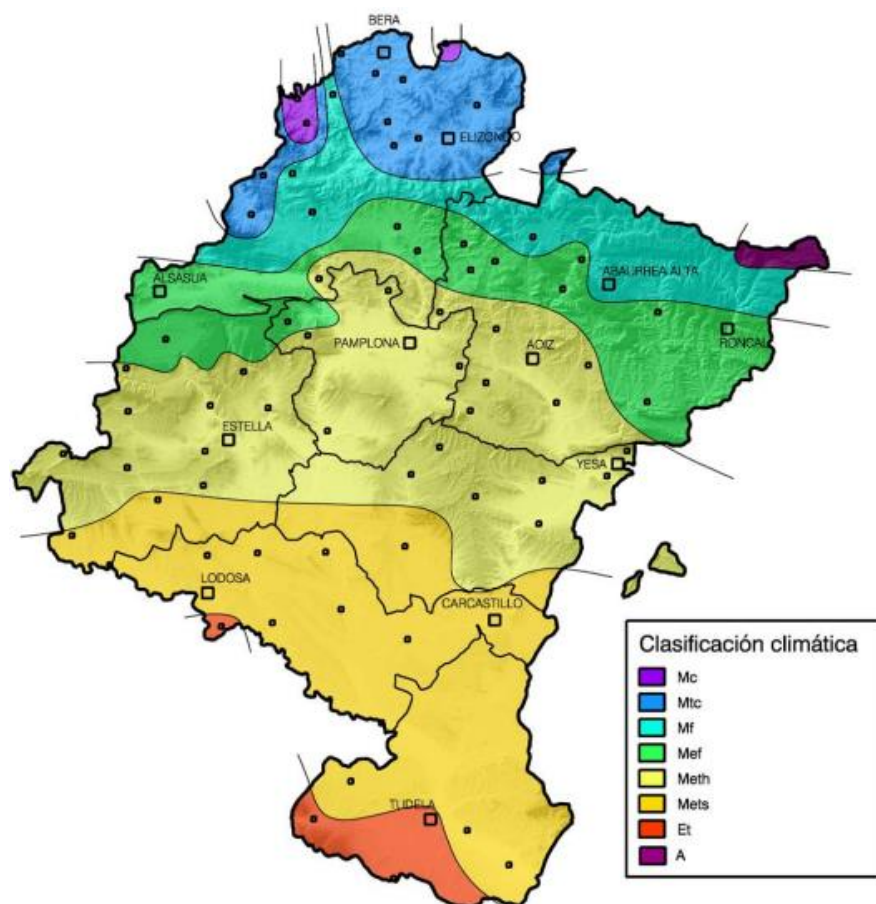


Figura 4. Tipos de climas en Navarra según la Clasificación de Papadakis. Fuente: Meteo Navarra (2021).

2.1.1. Localización y descripción de la estación meteorológica

Para la elaboración del estudio, se han tomado datos a partir de la estación automática ubicada en la Universidad Pública de Navarra (UPNA) (propiedad de esta), en la finca de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA). Esta estación meteorológica fue instalada el 1 de abril del 2004, por lo que presenta series de datos de más de 15 años. La estación se encuentra en las coordenadas X:612019 e Y:4738655, tomadas a partir del sistema de referencia ETRS89 y proyección UTM huso 30. Esta se encuentra a una altitud de 433 msnm.

Pese a que otras estaciones ubicadas en Pamplona llevaban más tiempo en funcionamiento (fueron instaladas antes del 2004), se ha escogido la estación meteorológica de la UPNA porque dispone de los datos suficientes para la elaboración del estudio (parámetros y datos abundantes). El resto de las estaciones mostraban escasez de parámetros medidos y series de datos incompletas (Meteo Navarra, 2021).



Figura 5. Estación automática propiedad de la Universidad Pública de Navarra. Fuente: Meteo Navarra (2021).

2.1.2. Descripción de las series de datos meteorológicos

Para el cálculo de la huella hídrica son necesarios los siguientes parámetros meteorológicos: temperaturas máximas y mínimas (°C), humedad relativa media (%), precipitación acumulada (mm), insolación total (s) y velocidad media del viento a 10 m (m/s). A partir de estos datos diarios, se han calculado las temperaturas medias máximas y mínimas mensuales (°C), la humedad relativa media mensual (%), la precipitación mensual acumulada (mm/mes), la insolación diaria media de cada mes (h/día), y la velocidad media mensual del viento a 10 m (km/día).

Además, para comprobar la variabilidad de la huella hídrica en función de los datos meteorológicos, estos se han calculado para los últimos 5 años (años naturales), y para la media de los últimos 15 años (las series anuales están completas a partir del 2005 ya que la estación se instaló en 1 de abril del 2004). En el *Anexo 1: Descripción de las series de datos meteorológicos*, se hace una descripción detallada de los datos calculados para los últimos 5 años, y para la media de los últimos 15 años.

A continuación, en las Figuras 6, 7, 8 y 9, se muestran las variaciones estacionales de los valores de los parámetros meteorológicos indicados para las series anuales, respecto a la media de los últimos 15 años. Como se puede apreciar, la mayor variabilidad se da en los parámetros de precipitación e insolación (son más variables en el espacio-tiempo). Los años que más se alejan de la media son el 2015 y 2019, y el 2017 y 2019 respectivamente.

VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

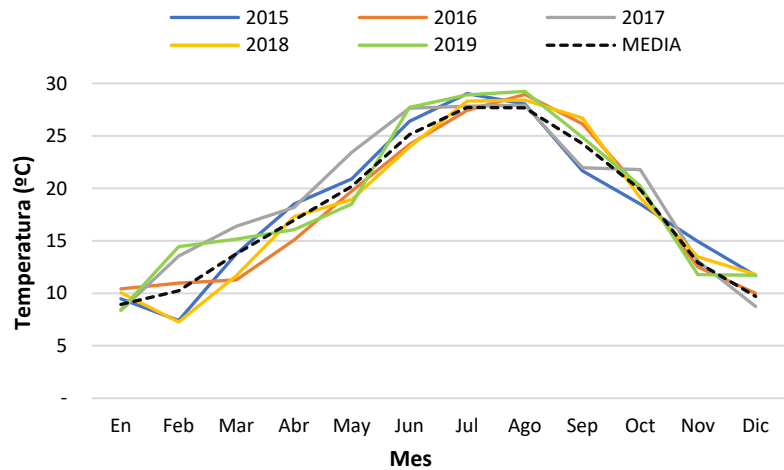


Figura 6. Temperatura media máxima de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

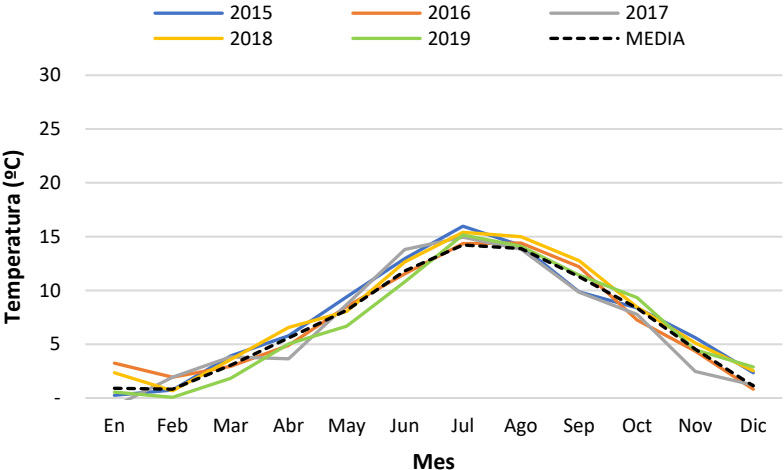


Figura 8. Temperatura media mínima de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

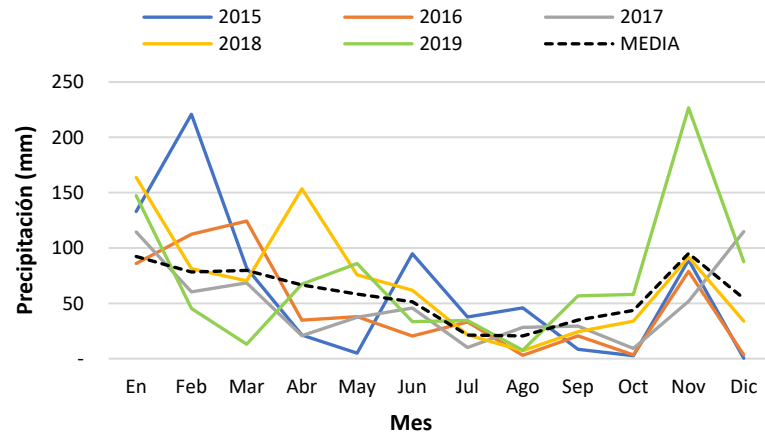


Figura 7. Precipitación mensual acumulada para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

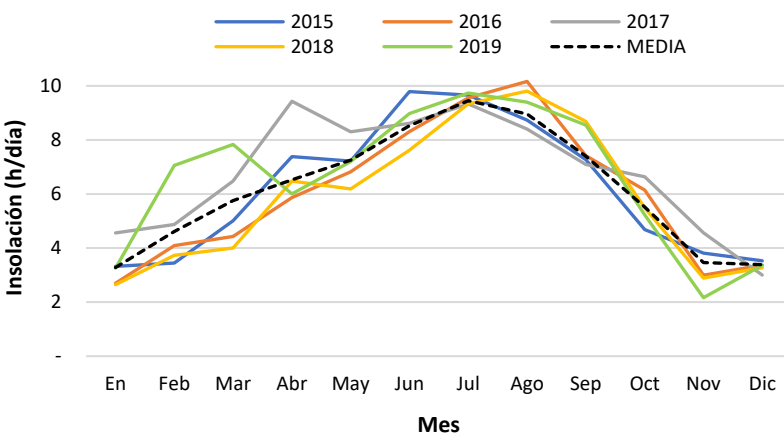


Figura 9. Insolación media diaria de cada mes para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respecto a la media de los últimos 15 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

2.1.3. Descripción de las zonas verdes urbanas

Las zonas verdes de Pamplona vienen definidas según el tipo de vegetación en la plataforma IRUSKAN (plataforma similar a IDENA que solo contiene información sobre la ciudad de Pamplona) (IRUSKAN, 2020).

Esta información descriptiva (datos cuantitativos y cualitativos) de las zonas verdes se encuentra en formato SHAPE (para poder ser analizada en el programa QGIS), pero también cabe la posibilidad de exportar la llamada *Tabla de Atributos* (tabla que describe los objetos geolocalizados de forma cuantitativa y cualitativa en QGIS) en formato Excel para realizar un análisis más exhaustivo.

La información de entrada está clasificada según el tipo de vegetación, ya sea césped, praderas, plantas tapizantes, masas florales, masas arbustivas, masas arbóreas (naturales), unidades de árboles (plantados) y unidades de arbustos. Estas 8 clasificaciones muestran los objetos espacialmente, y en conjunto caracterizan todas las zonas verdes de Pamplona, incluyendo parque y jardines, así como la vegetación presente en el viario (calles, avenidas, rotondas, medianas, isletas, etcétera).

Como la información de entrada es única (se desconocen las variaciones que se han producido en las zonas verdes a lo largo de los años), se ha estimado que las capas son permanentes para los años de estudio (se estima que la superficie, especies y unidades son permanentes en el tiempo). Además, cabe destacar que en este estudio solo se incluyen las zonas verdes públicas de Pamplona.

A continuación, se muestra el inventario del total de zonas verdes, clasificadas según el tipo de vegetación. En el *Anexo 2: Descripción de las zonas verdes de Pamplona*, se muestra esta información más detalladamente.

2.1.3.1. Césped

En Pamplona hay un total 2.458.073,23 m² de césped, siendo los lugares con mayor superficie el Parque Vuelta del Castillo (321.904,13 m²), el Parque del Lago de Mendillorri (292.719,40 m²), el Parque Yamaguchi (95.547,43 m²), el Parque Fluvial a su paso por la Rochapea (79.119,62 m²) y el Parque de la Taconera (59.905,18 m²). Estas superficies son regadas en épocas de déficit hídrico (mayoritariamente verano). Cabe destacar que el césped que se encuentra en los fosos de la Vuelta del Castillo no se riega (191.162,13 m²), por lo que esta superficie no se ha tenido en cuenta en el cálculo de la huella hídrica azul, pero si para el cálculo de la huella hídrica verde.



Figura 10. Césped en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Césped en la Bajada del Labrit. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Césped en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Césped en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.2. Praderas

En lo que respecta a las praderas, estas ocupan una superficie de 1.254.225,28 m² (la mitad de la superficie destinada a césped). Estas, a diferencia del césped, presentan una mayor variedad de especies herbáceas, siendo más heterogéneas. Las praderas se aprecian sobre todo a lo largo del Parque Fluvial, aunque también se pueden encontrar en las murallas del Parque de la Ciudadela. Estas superficies también son regadas en épocas de déficit hídrico.

A continuación, en las siguientes fotos se aprecian distintos tipos de praderas según la variedad de especies herbáceas que las componen.



Figura 14. Praderas en la ribera del río Arga, cerca del Puente de la Magdalena. Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Praderas en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Praderas en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Praderas en el Parque Fluvial. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.3. Plantas tapizantes

Las plantas tapizantes, también conocidas como rastreras o cubresuelos, ocupan una superficie de 30.634,28 m², y gran parte se encuentran en el Parque de la Tejería (24.680,5 m²). Estas superficies también son regadas en épocas de déficit hídrico.



Figura 19. Plantas tapizantes en el talud de la Bajada del Labrit.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Plantas tapizantes en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.4. Masas florales

En Pamplona hay un total de 10.521,98 m² de masas florales, estando homogéneamente distribuidas por rotondas, isletas, avenidas y calles. También se pueden encontrar en algunos parques como el de la Media Luna o la Taconera. Estas superficies son regadas sobre todo en épocas de déficit hídrico.

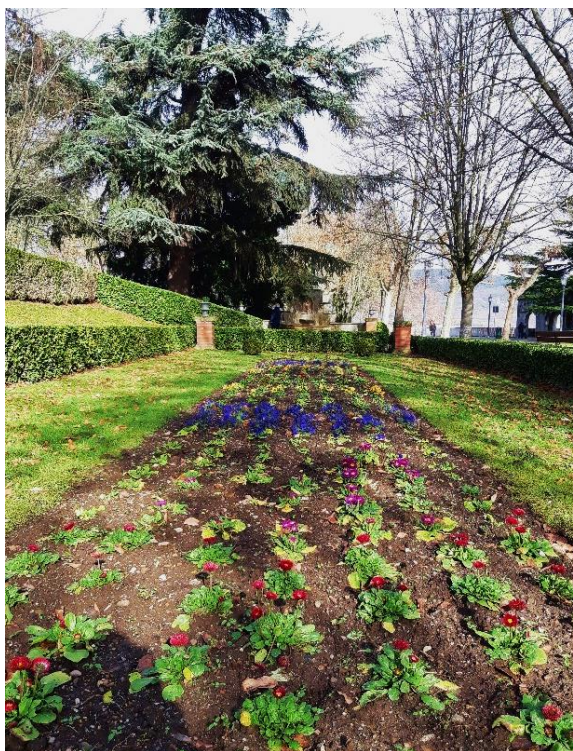


Figura 20. Masas florales en el Parque de la Taconera.
Fuente: Elaboración propia.

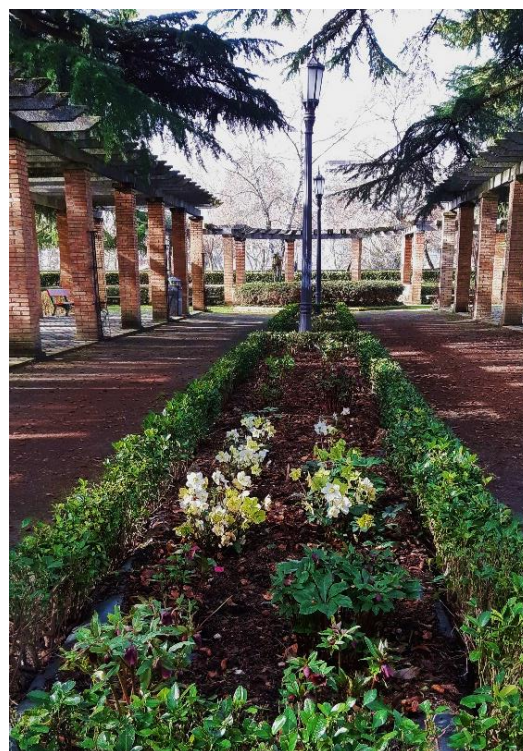


Figura 21. Combinación de masas florales y arbustivas en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 22. Rotonda de masas florales y arbustivas en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.

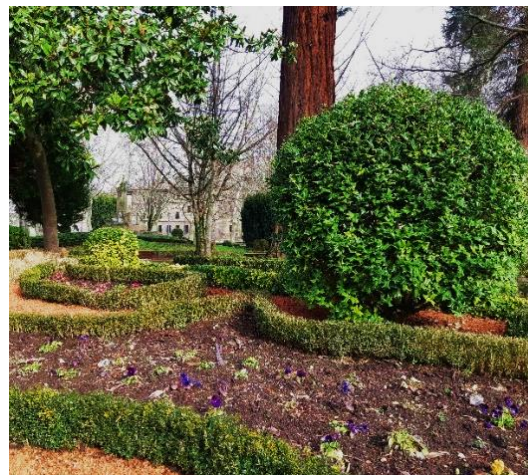


Figura 23. Combinación de masas florales y árboles en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.5. Masas arbustivas

Las masas arbustivas son arbustos o conjunto de arbustos de grandes dimensiones, que se contabilizan por superficie en vez de contarse por unidades. Estos ocupan una superficie total de 46.945,11 m², y se pueden encontrar una gran variedad de especies como *Cotoneaster lacteus*, *Gyneryum argenteum*, *Hedera hélix*, *Hibiscus syriacus*, *Nerium oleander*, *Sambucus nigra*, *Sorbus intermedia*, *Viburnum tinus*, *Thuja occidentalis*, etcétera. Estas superficies son regadas en épocas de déficit hídrico.



Figura 24. Masa arbustiva de la especie *Viburnum rhytidophyllum* en la Bajada del Labrit. Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Masa arbustiva de la especie *Taxus baccata* en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Masas arbustivas (dcha. *Buxus sempervirens* e izq. *Euonymus japonicus*) en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 27. Masa arbustiva de la especie *Aucuba japonica* en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.6. Masas arbóreas

Las masas arbóreas son un conjunto de árboles que han salido en el medio de forma natural (es por eso que se cuentan por superficie y no por unidad), y que al estar gestionadas por el Ayuntamiento de Pamplona se consideran antropizadas (se tienen en cuenta para el cálculo de la huella hídrica). Estas ocupan una superficie de 385.040 m² y no se riegan, por lo que solo se ha calculado su huella hídrica verde. Estas masas se encuentran sobre todo a lo largo del Parque Fluvial a su paso por Pamplona.



Figura 28. Masa arbórea de la especie *Populus x euramericana* en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Masa arbórea de la especie *Platanus x hybrida* en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Masas arbóreas naturales en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.



Figura 31. Masa arbórea de la especie *Populus x euramericana* en la ribera del río Arga, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la superficie que ocupan y del perímetro medio del tronco de las masas arbóreas (datos de entrada), se ha calculado el número de árboles. Como se desconoce el marco de plantación, se ha estimado la superficie que ocupa cada árbol en función de su edad (recién salido, joven, maduro o viejo). A su vez, se ha estimado la edad a partir del perímetro medio del tronco.

Los rangos de perímetro establecidos para cada edad del árbol se han calculado a partir de una muestra de 63.962 árboles, con su respectiva edad y perímetro bien medidos (Tabla 1). Estos datos se han obtenido de IRUSKAN (2020).

Tabla 1. Edad del árbol en función del perímetro del tronco y la superficie unitaria estimada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Perímetro estimado (cm)	Superficie unitaria estimada (m ²)
Recién salido	< 21	1,00
Joven	21 ≤ X ≤ 60	4,00
Maduro	61 ≤ X ≤ 147	16,00
Viejo	> 147	40,00

Una vez que se conoce la edad y la superficie unitaria de las masas arbóreas, esta se divide por la superficie total, calculando así el número de árboles (Tabla 2).

Tabla 2. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total de las masas arbóreas según su edad. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
Recién salido	140	1,00	135,07
Joven	399	4,00	1.524,58
Maduro	1.239	16,00	19.261,88
Viejo	9.156	40,00	364.118,47
TOTAL	10.934		385.040,00

Se han realizado estas estimaciones ya que es necesario conocer el número de árboles para el posterior cálculo de la huella de carbono. Al haberse calculado de forma aproximada, este número puede variar respecto al número real.

2.1.3.7. Unidades de árboles

Al contrario que en el apartado anterior, estos árboles sí han sido plantados, por lo que se contabilizan las unidades y no la superficie que ocupan. En Pamplona hay un total de 63.962 árboles plantados, que según su edad y según donde se encuentren son o no regados. Los árboles adultos que se sitúan en el viario nunca son regados, pero cuando se planta un árbol joven, estos se riegan manualmente para favorecer el correcto desarrollo del sistema radicular. Con los árboles que se sitúan en parques y jardines pasa algo diferente, como estos se encuentran sobre herbáceas (ya sea césped, praderas o plantas tapizantes) los árboles siempre reciben algo de agua de riego, pero en algunas ocasiones, estos reciben una dosis individual (sistema de riego específico para ellos).



Figura 32. Árboles de las especies *Gleditsia triacanthos* (izq.) y *Platanus x hispanica* (drcha.) en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 33. Árboles de las especies *Sequoiadendron giganteum* (al fondo) y *Fagus sylvatica* (al frente) en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 34. Árboles de la especie *Pinus pinea* en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.



Figura 35. Árboles de la especie *Acer negundo* en alcorques de la Avenida del Ejército. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, como no todos los árboles se riegan, estos se han dividido en 2 grupos (Tabla 3).

Tabla 3. Número de árboles y superficie que ocupan según el riego. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

	Nº de árboles	Superficie total (m ²)
Árboles con riego	30.502	201.895,00
Árboles sin riego	33.460	336.610,00

Se ha asumido que los árboles que sí se riegan se encuentran en parques y jardines (30.502 unidades), y que los árboles que no se riegan se sitúan en el viario (33.460 unidades).

Además, para calcular la superficie que ocupan se ha hecho una estimación de la superficie unitaria según la edad del árbol (información de entrada), por lo que se ha estimado que los 63.962 árboles ocupan una superficie total de 538.505,00 m² (Tabla 4). Cabe destacar que la estimaciones realizadas pueden variar respecto a la unidades reales.

Tabla 4. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles plantados según su edad. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
Recién plantado	41	1,00	41,00
Joven	42.540	4,00	170.160,00
Maduro	20.289	16,00	324.624,00
Viejo	1.092	40,00	43.680,00
TOTAL	63.962		538.505,00

Además, como el riego de árboles en parques y jardines es muy variable, en el cálculo de la huella hídrica se han tenido en cuenta 2 hipótesis (estas se explican más adelante).

2.1.3.8. Unidades de arbustos

Por último, este grupo se corresponde con el número de arbustos ubicados en parques y jardines, así como en el viario. Si se comparan las unidades de arbustos y las masas arbustivas, la diferencia es que estas últimas ocupan una superficie mucho mayor y por eso no se tiene en cuenta la unidad. En Pamplona

hay un total de 3.241 arbustos de pequeño tamaño, y muchos de ellos se sitúan en los laterales de los carriles bici (Figuras 36 y 37).



Figura 36. Arbustos de delimitación del carril bici en la calle Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. Arbustos de delimitación del carril bici en la calle Navas de Tolosa. Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la superficie que ocupan, se ha estimado una superficie unitaria (Tabla 5). Al igual que en los casos anteriores, los resultados obtenidos son una estimación de la superficie real, ya que se desconocen los datos reales.

Tabla 5. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Nº de arbustos	Superficie unitaria estimada (m ²)	Superficie total (m ²)
3.241	0,25	810,25

Al igual que ocurre con las unidades de árboles, se estima que únicamente se riegan aquellos arbustos ubicados en parques y jardines (Tabla 6).

Tabla 6. Número de arbustos y superficie que ocupan según el riego. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

	Nº de arbustos	Superficie total (m ²)
Arbustos con riego	1.975	493,75
Arbustos sin riego	1.266	316,50

2.1.3.9. Total de las zonas verdes públicas de Pamplona

A continuación, en las Figuras 38 y 39, se muestra gráficamente un resumen de las superficies y unidades según el tipo de vegetación, que componen el total de las zonas verdes públicas de Pamplona.

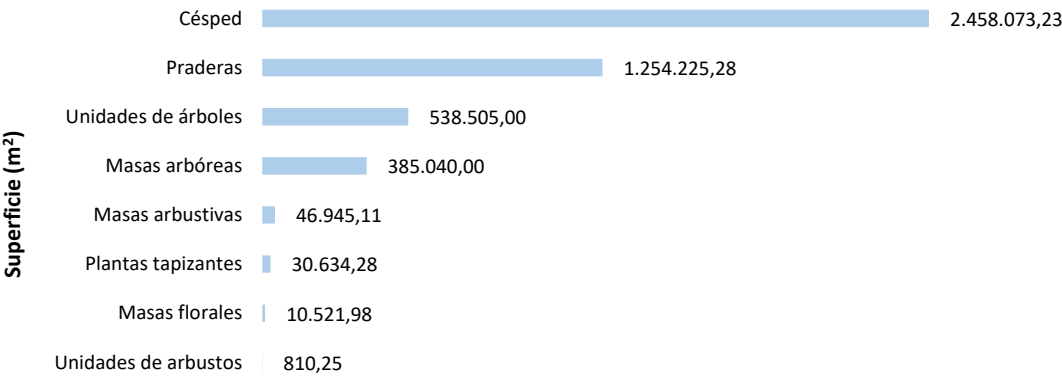


Figura 38. Superficie total de zonas verdes de Pamplona, clasificada según el tipo de vegetación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).



Figura 39. Número de árboles presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Como se puede apreciar, el césped es con diferencia la vegetación que más superficie urbana ocupa, seguida por las praderas. En lo que respecta al número de árboles, los árboles plantados suponen el 85,4% del total.

2.1.4. Descripción de 3 parques urbanos analizados

Además de calcular la huella hídrica y la huella de carbono para el total de las zonas verdes públicas de Pamplona, se ha decidido calcular estos indicadores para 3 parques concretos: Parque Vuelta del Castillo, Parque Yamaguchi y Parque del Mundo, por considerarlos representativos de los parques de Pamplona.

2.1.4.1. Parque Vuelta del Castillo

En este parque, ubicado entre el casco viejo de Pamplona y el barrio de Iturrama (ver Plano 1 en el Anexo 5), vienen representados los siguientes tipos de vegetación: césped, masas arbustivas y unidades de árboles. A continuación, en las Tablas 7 y 8 vienen indicadas las superficies que ocupan y el número de unidades.



Figura 40. Imagen del Parque Vuelta del Castillo (Iturrama). Fuente: Elaboración propia.

Este parque destaca por sus grandes explanadas de césped y la gran cantidad de árboles que alberga (gran diversidad de especies).

Tabla 7. Superficie de césped y de masas arbustivas en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

	Superficie total (m ²)
Césped	321.904,13
Masa arbustiva	797,75

El césped que se encuentra en los fosos de la Vuelta del Castillo no se riega, por lo que, a la hora de calcular la huella hídrica azul de este, solo se han tenido en cuenta 130.742,00 m² respecto del total.

Tabla 8. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
Recién plantado	7	1,00	7,00
Joven	436	4,00	1.744,00
Maduro	500	16,00	8.000,00
Viejo	20	40,00	800,00
TOTAL	963		10.551,00

A pesar de que en los últimos años se han plantado muchos arbustos alrededor de la Vuelta del Castillo, estos no vienen representados en la información descargada.

2.1.4.2. Parque Yamaguchi

En este parque, ubicado en el barrio de Ermitagaña-Mendebaldea (ver Plano 2 en el Anexo 5), vienen representados los siguientes tipos de vegetación: césped, plantas tapizantes, masas arbustivas, unidades de árboles y unidades de arbustos. A continuación, en las Tablas 9, 10 y 11 se presentan las superficies que ocupan y el número de unidades.



Figura 41. Imagen del Parque Yamaguchi (Ermitagaña). Fuente: Elaboración propia.

Este parque, al igual que la Vuelta del Castillo presenta grandes explanadas de césped pero con superficies más reducidas. El número de árboles es inferior, pero en él se pueden encontrar gran variedad de especies exóticas como *Ginkgo biloba*, *Diospyros kaki*, *Catalpa bignonioides*, *Callistemon lanceolatus*, *Liriodendron tulipifera*, etcétera.

Tabla 9. Superficie de césped, plantas tapizantes y masas arbustivas en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

	Superficie total (m ²)
Césped	95.547,43
Tapizantes	30,58
Masa arbustiva	1.135,94

Tabla 10. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
Recién plantado	-	1,00	-
Joven	573	4,00	2.292,00
Maduro	45	16,00	720,00
Viejo	-	40,00	-
TOTAL	618		3.012,00

Tabla 11. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en el Parque Yamaguchi. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Nº de arbustos	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
38	0,25	9,50

2.1.4.3. Parque del Mundo

En este parque, ubicado en el barrio de la Chantrea (ver Plano 3 en el Anexo 5), vienen representados los siguientes tipos de vegetación: césped, masas arbustivas, unidades de árboles y unidades de arbustos. A continuación, en las Tablas 12, 13 y 14 vienen indicadas las superficies que ocupan y el número de unidades.



Figura 42. Imagen del Parque del Mundo (Chantrea). Fuente: Elaboración propia.

De los 3 parques, este es el que menos superficie ocupa, pero el número de árboles por unidad de superficie es mucho mayor. Además presenta una gran cantidad de especies exóticas como la *Araucaria bidwilli*, *Araucaria araucana*, *Trachycarpus fortunei*, *Tamarix tetrandra*, *Pseudotsuga menziesii*, etcétera.

Tabla 12. Superficie de césped y de masas arbustivas en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

	Superficie total (m ²)
Césped	51.022,01
Masa arbustiva	265,80

Tabla 13. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los árboles en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Edad	Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
Recién plantado	-	1,00	-
Joven	503	4,00	2.012,00
Maduro	330	16,00	5.280,00
Viejo	9	40,00	360,00
TOTAL	842		7.652,00

Tabla 14. Número de unidades, superficie unitaria y superficie total que ocupan los arbustos en el Parque del Mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Nº de árboles	Superficie unitaria (m ²)	Superficie total (m ²)
7	0,25	1,75

2.2. Método de cálculo de la huella hídrica en zonas verdes urbanas

La huella hídrica en zonas verdes se define como el consumo de agua dulce usada tanto de riego (huella hídrica azul) como de lluvia (huella hídrica verde) por las plantas que las componen. Esta se ha determinado a partir de la metodología de Hoekstra et al. (2011), con la variación del coeficiente de jardín (KL) en lugar del coeficiente de cultivo (Kc) (más adelante se explica con detalle).

Para calcular la huella hídrica, primero se ha diferenciado entre zonas regadas y zonas no regadas. Como las masas arbóreas (naturales) no disponen de ningún tipo de sistema de riego, solo se han tenido en cuenta para el cálculo de la huella hídrica verde. Ocurre lo mismo con el césped de los fosos del Parque de la Vuelta del Castillo y con los árboles y arbustos del viario (árboles en calles y avenidas), por lo que solo se ha calculado su huella hídrica verde (no se riegan salvo contadas excepciones).

Además, como el riego de los árboles y arbustos que se sitúan en parques y jardines es muy variable, (algunos se riegan individualmente, y otros a partir del riego de césped, praderas y tapizantes), para el cálculo de la huella hídrica se han tenido en cuenta 2 hipótesis:

- Hipótesis 1: Las unidades de árboles y arbustos se riegan con la dosis de riego que se aplica al césped, praderas o tapizantes (no se estima la huella hídrica azul de árboles y arbustos).
- Hipótesis 2: Las unidades de árboles y arbustos disponen de un sistema de riego para cubrir su demanda de agua, independientemente del riego del césped, praderas o tapizantes (se estima la huella hídrica azul de árboles y arbustos, aumentando la cantidad de agua consumida por unidad de superficie).

Cabe destacar, que tanto para la Hipótesis 1 como para la Hipótesis 2, se calcula la huella hídrica verde de árboles y arbustos situados en parques y jardines.

A continuación, se describe el proceso llevado a cabo para la determinación de la huella hídrica en zonas verdes públicas de Pamplona. Hay que recalcar que se ha calculado el consumo de agua verde, conocida como huella hídrica verde (agua de lluvia que aprovechan las plantas para su desarrollo y crecimiento, y que no se pierde por escorrentía), y el consumo de agua azul, conocida como huella hídrica azul (agua de riego que se aplica cuando la lluvia no cubre las necesidades hídricas, es decir, cuando se produce déficit hídrico). Este trabajo no aborda la calidad del agua (huella hídrica gris).

2.2.1. Necesidades hídricas de jardín

La huella hídrica se ha calculado utilizando el coeficiente de jardín (KL) en lugar del coeficiente de cultivo (Kc), como se ha realizado en los estudios de huella hídrica previos (como Hoekstra et al. (2011), Mekonnen & Hoekstra (2011) o Aldaya et al. (2010)). Es por eso que se habla de necesidades hídricas de jardín en vez de necesidades hídricas del cultivo.

Las necesidades hídricas de jardín se definen como la cantidad de agua dulce que necesitan las plantas ornamentales para su desarrollo óptimo. La cantidad de agua necesaria varía en función de los factores intrínsecos de la planta (especie vegetal, salud y etapa de desarrollo), y de factores externos (condiciones y propiedades del suelo, cobertura, lluvia, temperatura, velocidad del viento, radiación solar, etcétera). La interacción de las plantas con el entorno provoca la pérdida de agua por transpiración (pérdida de agua a través de los estomas, en su gran parte desde las hojas), y evaporación (pérdida de agua desde el suelo). Al conjunto de estos dos factores se denomina evapotranspiración (ET). El agua que se pierde debido a la ET se puede reponer de forma natural (lluvia) o de forma artificial (riego) (ECURED, 2020). En caso de que el agua que se reponga de forma natural (a partir del agua de lluvia), ese consumo de agua verde se define como huella hídrica verde. En cambio, si el agua se repone de forma artificial (a partir del agua de riego), ese consumo de agua azul se define como huella hídrica azul.

En agronomía, en vez de necesidades hídricas de jardín, se habla de necesidades hídricas del cultivo (como por ejemplo en el documento de la *FAO: RIEGO Y DRENAJE 56* (Allen et al., 2006)). Estas vienen dadas a partir de la evapotranspiración del cultivo (ETc), que se calcula al multiplicar la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ETo) por un coeficiente de corrección, denominado coeficiente del cultivo (Kc) (ECURED, 2020). Por lo tanto, los valores de ETc se obtienen de la siguiente expresión (1):

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

Esta metodología es habitual para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos con fines productivos, pero en este caso, al referirse a zonas verdes urbanas (jardines), para calcular las necesidades hídricas de jardín se ha empleado el coeficiente de jardín (KL) (Romero & Dukes, 2007). Por lo tanto, los valores de la evapotranspiración del jardín (ETL) se obtienen de la siguiente expresión (2):

$$ETL = ETo \times KL \quad (2)$$

En este trabajo se ha decidido usar el coeficiente de jardín (KL), ya que las zonas verdes no tienen fines productivos (jardines formados por plantas ornamentales de las cuales solo interesa un buen aspecto). Escoger el método más apropiado es fundamental para hacer una adecuada estimación de las necesidades hídricas. Un cálculo acertado ayuda a preservar los recursos hídricos, disminuir costes y mantener las zonas verdes con buen aspecto (Romero & Dukes, 2007).

En las zonas verdes urbanas solo se busca el buen aspecto de la vegetación, sin necesidad de cubrir por completo sus necesidades hídricas. Si a un jardín se le aporta la cantidad máxima de agua demandada, este va a desarrollarse más rápido, teniendo que ser más frecuentes las labores de limpieza y mantenimiento.

2.2.1.1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo)

Como se indica en el documento de la *FAO: RIEGO Y DRENAJE 56* (Allen et al., 2006), la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia (cultivo hipotético de pasto con características específicas), que ocurre sin restricciones de agua. Para el cálculo de la ETo, la FAO recomienda el método de Penman Monteith, ya que se considera que es el método que mejor se ajusta a las necesidades reales de las plantas.

Para el cálculo de la ETo, la FAO ha desarrollado un programa denominado CROPWAT 8.0., en el que se introducen los parámetros meteorológicos calculados con anterioridad (*Anexo 1*), y este calcula automáticamente el valor de ETo a partir del método de Penman Monteith.

Los datos de entrada que se solicitan son:

- Temperatura media diaria mínima de cada mes en °C
- Temperatura media diaria máxima de cada mes en °C
- Humedad relativa media diaria de cada mes en %
- Velocidad media diaria del viento a 10 m de cada mes en km/día
- Insolación media diaria de cada mes en h

A partir de estos datos, el programa calcula la ETo media diaria de cada mes en mm/día. Este cálculo se repite para conocer la ETo de los últimos 5 años, y de la media de los últimos 15 años.

2.2.1.2. Coeficiente de jardín (KL)

Una vez conocida la evapotranspiración de referencia (ETo), para calcular la evapotranspiración del jardín (ETL), solo falta por conocer el coeficiente de jardín (KL).

El valor de KL para cada tipo de vegetación es el responsable de las variación de las necesidades hídricas entre las distintas unidades que componen un jardín, pero predecir su valor es un proceso complejo. La gran variedad de especies de plantas, así como los factores climáticos, hacen que las necesidades hídricas del jardín sean muy variadas. A continuación, se nombran las características que definen el KL (Romero & Dukes, 2007):

- 1) Las zonas verdes están compuestas por una gran variedad especies.
- 2) La densidad de vegetación es muy variable debido a la gran variedad especies.
- 3) Cada parque o jardín incluye una gran variedad de microclimas (esto depende del porcentaje de sombra, exposición al viento y orientación mayoritariamente).

Por todo ello, se determina que el coeficiente de jardín (KL) depende del factor especie (Ks), del factor densidad (Kd) y del factor microclima (Kmc). Por lo tanto, el KL se obtiene a partir de la siguiente expresión (3):

$$KL = Ks \times Kd \times Kmc \quad (3)$$

- Coeficiente de especie (Ks): este factor varía de 0,2 a 0,9 y se divide en 3 categorías (bajo, medio y alto). Estos rangos se aplican según lo demandante que sea la especie (Romero & Dukes, 2007).
- Coeficiente de densidad (Kd): este factor tiene en cuenta las diferencia de densidades según el tipo de vegetación. Este factor se divide en tres categorías (bajo, medio y alto), y su valor varía entre 0,5 y 1,3. A las plantaciones con menor área foliar, se les asigna un valor Kd baja, en cambio, a las plantaciones mixtas (mezcla de árboles, arbustos y cubiertas vegetales) se le asigna un valor Kd alto. Las plantaciones que están llenas pero que son predominantemente de un solo tipo de vegetación se le asigna la categoría media (Romero & Dukes, 2007).
- Coeficiente de microclima (Kmc): este factor varía de 0,5 a 1,4 y se divide en tres categorías (bajo, medio y alto). Un Kmc medio es equivalente a las condiciones de ETo, refiriéndose a un entorno de campo abierto sin vientos extraordinarios o entradas de calor atípicas para su ubicación. Un Kmc alto se produce cuando las características del sitio aumentan las condiciones de evaporación (por ejemplo, plantar cerca de las medianas de las calles). Un Kmc bajo se produce cuando las plantaciones están a la sombra durante gran parte del día, o están protegidas de los vientos fuertes (incluyen el lado norte de los patios de los edificios, los voladizos de los edificios, etcétera) (Romero & Dukes, 2007).

A continuación, en la Tabla 15 se muestran los valores de los factores que componen KL (Ks, Kd y Kmc) según el tipo de vegetación presente en las zonas verdes (Clark et al., 1995). Al asignar valores numéricos a cada factor, se determina un valor de KL.

Tabla 15. Valor de K_L según los coeficientes K_s , K_d y K_{mc} , para cada tipo de vegetación. Fuente: Clark et al. (1995).

	Factor especie (K_s)			Factor densidad (K_d)			Factor microclima (K_{mc})			K_L
	alto	medio	bajo	alto	medio	bajo	alto	medio	bajo	
Árbol	0,9	0,5	0,2	1,3	1	0,5	1,4	1	0,5	0,70
Arbusto	0,7	0,5	0,2	1,1	1	0,5	1,3	1	0,5	0,65
Tapizante	0,7	0,5	0,2	1,1	1	0,5	1,2	1	0,5	0,60
Flores	0,7	0,5	0,2	1,1	1	0,5	1,2	1	0,5	0,84
Césped	0,8	0,7	0,6	1	1	0,6	1,2	1	0,8	0,96
Pradera	0,8	0,7	0,6	1	1	0,6	1,2	1	0,8	0,96

En lo que respecta al coeficiente de especie (K_s), para césped, praderas y flores se ha estimado un factor de especie alto, ya que en general son más demandantes de agua. En el resto se ha considerado un factor medio.

En lo que respecta al coeficiente de densidad (K_d), para césped y praderas se ha estimado un factor de densidad alto, ya que estos suelen ser plantaciones mixtas (sobre ellos hay árboles y arbustos). En el resto se ha considerado un factor de densidad medio.

Por último, en lo que respecta al coeficiente de microclima (K_{mc}), para cada tipo de vegetación se ha estimado un factor de microclima alto. Con los datos de entrada es muy complejo determinar el microclima que afecta a cada una de las zonas verdes, por lo que se ha considerado oportuno situarse en la peor situación (zonas muy expuestas al viento y sol).

2.2.1.3. Evapotranspiración del jardín (ETL)

La evapotranspiración del jardín (ETL) se estima mediante la siguiente expresión (4):

$$ETL = K_L \times ETo \quad (4)$$

Como se ha mencionado antes, la ETL se corresponde con las necesidades hídricas del jardín (necesidades hídricas de las zonas verdes). En el momento en el que la precipitación no cubre estas necesidades, se suministra agua de riego (necesidades de riego). A continuación, se muestra la metodología de cálculo las necesidades de riego.

2.2.2. Necesidades de riego

Una vez conocidas las necesidades hídricas para cada tipo de vegetación, se procede a calcular las necesidades de riego (N_n) en función de la precipitación efectiva (P_{ef}).

La precipitación efectiva (P_{ef}) se define como la fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua de las plantas, quedando excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2005).

Para conocer la precipitación efectiva, esta se ha calculado con el programa CROPWAT 8.0, a partir del método USDA (Soil Conservation Service) recomendado por la FAO. Los datos de entrada que se solicitan son las precipitaciones mensuales acumuladas expresadas en mm/mes (Anexo 1), y los datos de salida son la precipitaciones efectivas expresadas en mm/mes.

Una vez conocida la precipitación efectiva (P_{ef}) y la evapotranspiración del jardín (ETL), se calculan las necesidades de riego (5).

$$N_n = ETL - P_{ef} \quad (5)$$

Por lo tanto,

Si $ETL < P_{ef}$	➡	El agua de lluvia cubre las necesidades hídricas de jardín	➡	Huella hídrica verde = ETL Huella hídrica azul = 0
Si $ETL > P_{ef}$	➡	El agua de lluvia no cubre las necesidades hídricas de jardín y hay que añadir dosis de agua de riego	➡	Huella hídrica azul = N_n Huella hídrica verde = P_{ef}

2.3. Método de cálculo de la huella de carbono en zonas verdes urbanas

La huella de carbono de zonas verdes se define como la cantidad de emisiones gases de efecto invernadero (especialmente de dióxido de carbono (CO_2)) que se producen directa o indirectamente en las labores de plantación y mantenimiento de estos espacios. Durante la fotosíntesis los árboles absorben CO_2 , por lo que se hace un balance entre las emisiones y absorciones de las zonas verdes. En este caso, como no se dispone de toda la información necesaria, únicamente se han calculado las absorciones de CO_2 de los árboles. Para el cálculo de las absorciones de CO_2 se han tenido en cuenta todos los árboles de Pamplona (aquellos que componen las masas arbóreas (naturales) y las unidades de árboles plantados). En total Pamplona cuenta con 74.896 árboles.

Tabla 16. Superficie total y número de árboles distribuidos por toda la ciudad de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

	Nº de pies	Superficie total (m^2)
Árboles naturales	10.934	385.040,00
Árboles plantados	63.962	538.505,00

Como método de cálculo se ha usado la *Calculadora de Absorciones de CO_2 ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas*, elaborada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Se trata de una hoja de cálculo de fácil manejo que permite calcular las absorciones de CO_2 asociadas a la biomasa de las especies arbóreas forestales. En ella, únicamente se introducen los datos que definen el conjunto de árboles (localización, especies, año de plantación, permanencia, y números de pies o números de árboles para cada especie), y esta proporciona como resultado una estimación de las absorciones de CO_2 que se generan a futuro. La calculadora contiene los factores de absorción que se corresponden con cada especie forestal arbórea española y, en algunos casos, incluso la región biogeográfica donde se encuentran (MAPAMA, 2018).

El periodo de permanencia que se debe introducir hace referencia a los años durante el cual el promotor (en este caso el ayuntamiento de Pamplona) se compromete a gestionar la masa y garantizar su persistencia. Para este trabajo se ha estimado un periodo de permanencia de 50 años ya que los árboles permanecerán hasta que mueran o hasta que tengan que ser eliminados por algún otro motivo (no se ha estimado un periodo superior debido a la incertidumbre asociada a periodos muy largos).

Como en la calculadora de absorciones no vienen representadas todas las especies arbóreas presentes en las zonas verdes de Pamplona, muchos árboles se han agrupado por género. Para aquellos en los que no se especifica el género, se ha calculado la mediana de todos los coeficientes de absorciones para los 50 años de permanencia. A continuación, se muestran las especies incluidas en la calculadora, así como el coeficiente de absorción que se ha empleado en aquellos árboles cuyo género no aparece en la lista.

Tabla 17. Absorciones acumuladas estimadas expresadas en t CO₂/pie según el género u especie. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Absorciones acumuladas estimadas (t CO ₂ /pie)				Especie	Absorciones acumuladas estimadas (t CO ₂ /pie)			
	20 años	30 años	40 años	50 años		20 años	30 años	40 años	50 años
<i>Abies alba</i>	0,06	0,1	0,13	0,17	<i>Pinus halepensis</i>	0,03	0,08	0,16	0,2
<i>Abies pinsapo</i>	0,22	0,33	0,44	0,55	<i>Pinus nigra</i> Sistema Ibérico	0,03	0,05	0,13	0,17
<i>Acer spp.</i>	0,15	0,22	0,3	0,38	<i>Pinus nigra</i> (Resto)	0,03	0,08	0,11	0,14
<i>Alnus spp.</i>	0,06	0,1	0,13	0,17	<i>Pinus pinaster ssp. atlantica</i> Zona Norte interior	0,23	0,58	0,91	1,14
<i>Amelanchier ovalis</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Pinus pinaster ssp. atlantica</i> Zona Norte costera	0,33	0,69	0,92	1,15
<i>Arbutus unedo</i>	0,06	0,09	0,12	0,15	<i>Pinus pinaster ssp. mesogeensis</i> Sistema Central	0,12	0,18	0,36	0,45
<i>Betula spp.</i>	0,06	0,09	0,12	0,15	<i>Pinus pinaster</i> (Resto)	0,02	0,03	0,09	0,12
<i>Carpinus betulus</i>	0,06	0,09	0,12	0,15	<i>Pinus pinea</i>	0,06	0,17	0,29	0,37
<i>Castanea sativa</i>	0,12	0,19	0,25	0,32	<i>Pinus radiata</i>	0,46	1,17	1,78	2,23
<i>Ceratonia siliqua</i>	0,06	0,09	0,12	0,15	<i>Pinus sylvestris</i> Sistema Central	0,02	0,06	0,17	0,22
<i>Cedrus atlantica</i>	0,35	1,3	3,4	4,25	<i>Pinus sylvestris</i> Sistema Ibérico	0,03	0,05	0,11	0,14
<i>Celtis australis</i>	0,29	1,01	1,9	2,38	<i>Pinus sylvestris</i> Pirineos	0,04	0,07	0,17	0,22
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	0,01	0,01	0,01	0,02	<i>Pinus sylvestris</i> (Resto)	0,03	0,06	0,15	0,19
<i>Cornus sanguinea</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Pinus uncinata</i>	0,04	0,09	0,12	0,15
<i>Corylus avellana</i>	0,08	0,12	0,16	0,2	<i>Pistacia terebinthus</i>	0,04	0,21	0,4	0,5
<i>Crataegus spp.</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Platanus hispanica</i>	0,21	0,67	1,26	1,58
<i>Cupressus arizonica</i>	0,03	0,06	0,15	0,19	<i>Populus alba</i>	0,21	0,67	1,26	1,58
<i>Cupressus macrocarpa</i>	0,03	0,06	0,15	0,19	<i>Populus nigra</i>	0,29	1,01	1,9	2,38
<i>Cupressus sempervirens</i>	0,03	0,06	0,15	0,19	<i>Populus x canadensis</i>	0,34	1,18	2,02	2,53
<i>Erica arborea</i> (Canarias)	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Prunus spp.</i>	0,15	0,22	0,3	0,38
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,4	1,57	3,53	4,42	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,35	1,3	3,4	4,25
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,57	2,04	4,87	6,09	<i>Pyrus spp.</i>	0,15	0,22	0,3	0,38
<i>Fagus sylvatica</i>	0	0,03	0,23	0,29	<i>Quercus canariensis</i>	0,05	0,13	0,17	0,22
<i>Fraxinus spp.</i>	0,09	0,18	0,33	0,42	<i>Quercus faginea</i>	0,04	0,1	0,13	0,17
<i>Ilex aquifolium</i>	0,03	0,05	0,1	0,13	<i>Quercus ilex</i>	0,05	0,07	0,1	0,13
<i>Ilex canariensis</i>	0,04	0,05	0,14	0,18	<i>Quercus petraea</i>	0,06	0,18	0,24	0,3
<i>Juglans regia</i>	0,12	0,19	0,25	0,32	<i>Quercus pubescens</i>	0,07	0,15	0,26	0,33
<i>Juniperus oxycedrus, J. communis</i>	0,01	0,02	0,02	0,03	<i>Quercus pyrenaica</i>	0,05	0,15	0,2	0,25
<i>Juniperus phoenicea</i>	0,02	0,03	0,04	0,05	<i>Quercus robur</i>	0,07	0,19	0,34	0,43
<i>Juniperus thurifera</i>	0,01	0,02	0,03	0,04	<i>Quercus rubra</i>	0,07	0,22	0,4	0,5
<i>Larix spp.</i>	0,34	0,52	0,69	0,87	<i>Quercus suber</i>	0,07	0,11	0,15	0,19
<i>Laurus azorica</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Rhamnus alaternus</i>	0,04	0,21	0,4	0,5
<i>Laurus nobilis</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Robinia pseudacacia</i>	0,06	0,19	0,39	0,49
<i>Malus sylvestris</i>	0,15	0,22	0,3	0,38	<i>Salix spp.</i>	0,31	0,9	1,37	1,72
<i>Myrica faya</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Sorbus spp.</i>	0,17	0,25	0,33	0,42
<i>Myrtus communis</i>	0,04	0,21	0,4	0,5	<i>Tamarix spp.</i>	0,03	0,08	0,16	0,2
<i>Olea europaea</i>	0,04	0,08	0,11	0,14	<i>Taxus baccata</i>	0,03	0,06	0,15	0,19
<i>Phillyrea latifolia</i>	0,03	0,09	0,2	0,25	<i>Tetraclinis articulata</i>	0,03	0,08	0,16	0,2
<i>Phoenix spp.</i>	0,31	0,9	1,37	1,72	<i>Thuja spp.</i>	0,01	0,02	0,02	0,03
<i>Picea abies</i>	0,35	1,3	3,4	4,25	<i>Tilia spp.</i>	0,05	0,09	0,13	0,17
<i>Pinus canariensis</i>	0,03	0,14	0,18	0,23	<i>Ulmus spp.</i>	0,18	0,27	0,58	0,73
					MEDIANA				0,32

En la Tabla 17, para un periodo de permanencia de 50 años, se muestra como las absorciones acumuladas estimadas varían desde 0,03 t de CO₂/pie (en el caso del género *Thuja* spp.) hasta 6,09 t de CO₂/pie (en el caso de la especie *Eucalyptus globulus*). Para los géneros no especificados se ha usado un valor de absorción de 0,32 t de CO₂/pie.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis de la huella hídrica en zonas verdes urbanas

3.1.1. Resultados generales

Debido a la gran cantidad de resultados obtenidos, en este apartado solo se ha incluido el consumo teórico de agua anual del total de las zonas verdes y de cada uno de los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1 y para la Hipótesis 2. En el *Anexo 3: Cálculo de la huella hídrica en zonas verdes de Pamplona*, se muestra todo el proceso de cálculo junto con todos los resultados obtenidos (consumo teórico mensual de agua azul y verde según el tipo de vegetación, para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años, en cada una de las hipótesis).

3.1.1.1. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona para la Hipótesis 1

El valor de la huella hídrica anual obtenido, de todas las zonas verdes de Pamplona, para la media de los últimos 15 años, es de 3,81 hm³, de los cuales un 53,53% se corresponde con el consumo de agua verde o agua de lluvia (huella hídrica verde), y un 46,47% se corresponde con el consumo de agua azul o agua de riego (huella hídrica azul) (Tabla 18). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 109.687,34 m³.

Tabla 18. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	2.190.465,13	606,91	1.521.960,52	336,54	3.712.425,66	943,45
2016	2.322.659,91	643,53	1.298.773,87	287,19	3.621.433,79	930,72
2017	2.232.126,44	618,45	1.589.111,23	351,39	3.821.237,67	969,84
2018	1.685.484,28	466,99	2.006.868,39	443,77	3.692.352,67	910,76
2019	1.935.147,97	536,17	2.010.093,69	444,48	3.945.241,66	980,64
MEDIA 15 AÑOS	1.769.579,01	490,29	2.038.590,48	450,78	3.808.169,49	941,07

3.1.1.2. Consumo teórico de agua del Parque de la Vuelta del Castillo para la Hipótesis 1

En el caso del Parque Vuelta del Castillo, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,21 hm³, de los cuales un 69,27% se corresponde con el consumo de agua verde, y un 30,73% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 19). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 15.487,64 m³.

Tabla 19. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	80.447,72	611,58	109.576,77	339,56	190.024,49	951,15
2016	85.258,41	648,16	93.812,94	290,71	179.071,35	938,87
2017	81.964,44	623,12	114.765,26	355,64	196.729,70	978,75
2018	61.932,40	470,83	145.425,85	450,65	207.358,25	921,48
2019	71.125,15	540,71	144.388,64	447,44	215.513,79	988,15
MEDIA 15 AÑOS	65.063,50	494,63	146.639,24	454,41	211.702,74	949,04

3.1.1.3. Consumo teórico de agua del Parque de Yamaguchi para la Hipótesis 1

En el caso del Parque Yamaguchi, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,09 hm³, de los cuales un 47,89% se corresponde con el consumo de agua verde, y un 52,11% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 20). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 2.100,22 m³.

Tabla 20. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque de Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	58.996,11	610,01	32.758,27	338,71	91.754,38	948,72
2016	62.534,93	646,60	28.040,84	289,94	90.575,76	936,53
2017	60.111,76	621,54	34.303,04	354,69	94.414,80	976,23
2018	45.409,40	469,52	43.458,14	449,35	88.867,54	918,87
2019	52.144,72	539,16	43.162,56	446,29	95.307,28	985,46
MEDIA 15 AÑOS	47.695,26	493,16	43.836,80	453,26	91.532,06	946,42

3.1.1.4. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo para la Hipótesis 1

En el caso del Parque del Mundo, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,05 hm³, de los cuales un 50,28% se corresponde con el consumo de agua verde, y un 49,72% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 21). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 1.280,41 m³.

Tabla 21. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	31.378,66	611,82	19.163,70	373,65	50.542,36	985,47
2016	33.254,23	648,38	16.377,71	319,33	49.631,94	967,71
2017	31.970,00	623,34	20.037,67	390,69	52.007,67	1.014,04
2018	24.157,42	471,02	25.345,97	494,19	49.503,39	965,21
2019	27.743,55	540,94	25.288,49	493,07	53.032,04	1.034,01
MEDIA 15 AÑOS	25.379,51	494,84	25.660,54	500,32	51.040,05	995,17

3.1.1.5. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona para la Hipótesis 2

El valor de la huella hídrica anual obtenido, de todas las zonas verdes de Pamplona, para la media de los últimos 15 años, es de 3,87 hm³, de los cuales un 52,72% se corresponde con el consumo de agua verde, y un 47,28% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 22). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 105.532,30 m³.

Tabla 22. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes de Pamplona, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	2.270.233,07	629,01	1.521.960,52	336,54	3.792.193,60	965,55
2016	2.410.343,92	667,83	1.298.773,87	287,19	3.709.117,80	955,02
2017	2.314.214,59	641,19	1.589.111,23	351,39	3.903.325,82	992,58
2018	1.743.879,57	483,17	2.006.868,39	443,77	3.750.747,95	926,94
2019	1.999.780,84	554,07	2.010.093,69	444,48	4.009.874,54	998,55
MEDIA 15 AÑOS	1.827.930,01	506,46	2.038.590,48	450,78	3.866.520,48	957,24

3.1.1.6. Consumo teórico de agua del Parque de la Vuelta del Castillo para la Hipótesis 2

En el caso del Parque Vuelta del Castillo, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,21 hm³, de los cuales un 68,29% se corresponde con el consumo de agua verde, y un 31,71% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 23). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 14.775,96 m³.

Tabla 23. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	84.607,30	643,21	109.576,77	339,56	194.184,07	982,77
2016	89.830,65	682,92	93.812,94	290,71	183.643,59	973,63
2017	86.244,95	655,66	114.765,26	355,64	201.010,21	1.011,30
2018	64.977,51	493,98	145.425,85	450,65	210.403,36	944,63
2019	74.495,48	566,33	144.388,64	447,44	218.884,12	1.013,77
MEDIA 15 AÑOS	68.106,39	517,76	146.639,24	454,41	214.745,64	972,17

3.1.1.7. Consumo teórico de agua del Parque de Yamaguchi para la Hipótesis 2

En el caso del Parque Yamaguchi, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,09 hm³, de los cuales un 47,44% se corresponde con el consumo de agua, y un 52,56% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 24). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 2.166,08 m³.

Tabla 24. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque de Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	60.186,89	622,32	32.758,27	338,71	92.945,16	961,03
2016	63.843,89	660,13	28.040,84	289,94	91.884,73	950,07
2017	61.337,18	634,21	34.303,04	354,69	95.640,22	988,90
2018	46.281,13	478,54	43.458,14	449,35	89.739,27	927,88
2019	53.109,57	549,14	43.162,56	446,29	96.272,13	995,43
MEDIA 15 AÑOS	48.566,32	502,16	43.836,80	453,26	92.403,12	955,43

3.1.1.8. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo para la Hipótesis 2

En el caso del Parque del Mundo, el valor de la huella hídrica anual obtenido, para la media de los últimos 15 años, es de 0,05 hm³, de los cuales un 48,19% se corresponde con el consumo de agua verde, y un

51,81% se corresponde con el consumo de agua azul (Tabla 25). El valor de la desviación típica de la huella hídrica anual es de 1.248,20 m³.

Tabla 25. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m ³	mm	m ³	mm	m ³	mm
2015	34.395,96	670,65	19.163,70	373,65	53.559,67	1.044,30
2016	36.570,88	713,05	16.377,71	319,33	52.948,59	1.032,38
2017	35.075,03	683,89	20.037,67	390,69	55.112,70	1.074,58
2018	26.366,31	514,09	25.345,97	494,19	51.712,27	1.008,28
2019	30.188,34	588,61	25.288,49	493,07	55.476,83	1.081,68
MEDIA 15 AÑOS	27.586,78	537,88	25.660,54	500,32	53.247,32	1.038,21

3.1.1.9. Variabilidad de los últimos 5 años respecto a la media de los últimos 15 años

La huella hídrica verde muestra el consumo de agua de lluvia de toda la superficie (llueve sobre toda la superficie), en cambio, la huella hídrica azul únicamente muestra el consumo de agua de riego de las superficies seleccionadas (no se riega toda la superficie). En las Tablas 26 y 27, se distingue entre la superficie regada (de la que se ha calculado sus necesidades de riego) y la superficie no regada, en el total de las zonas verdes de Pamplona y en los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1 y para la Hipótesis 2.

Tabla 26. Superficie regada y superficie no regada, del total de zonas verdes y de los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)				
	Total zonas verdes	Parque Vuelta del Castillo	Parque Yamaguchi	Parque del Mundo	
Con riego	Césped	2.266.911,10	130.742,00	95.547,43	51.022,01
	Praderas	1.254.225,28	-	-	-
	Masas florales	10.521,98	-	-	-
	Tapizantes	30.634,28	-	30,58	-
	Masas arbustivas	46.945,11	797,75	1.135,94	265,80
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	-	-	-
	Césped	191.162,13	191.162,13	-	-
	Árboles	538.505,00	10.551,00	3.012,00	7.652,00
	Arbustos	810,25	-	9,50	1,75

Tabla 27. Superficie regada y superficie no regada, del total de zonas verdes y de los 3 parques analizados, para la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación		Superficie (m ²)			
		Total zonas verdes	Parque Vuelta del Castillo	Parque Yamaguchi	Parque del Mundo
Con riego	Césped	2.266.911,10	130.742,00	95.547,43	51.022,01
	Praderas	1.254.225,28	-	-	-
	Masas florales	10.521,98	-	-	-
	Tapizantes	30.634,28	-	30,58	-
	Masas arbustivas	46.945,11	797,75	1.135,94	265,80
	Árboles	201.895,00	10.551,00	3.012,00	7.652,00
	Arbustos	493,75	-	9,50	1,75
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	-	-	-
	Césped	191.162,13	191.162,13	-	-
	Árboles	336.610,00	-	-	-
	Arbustos	316,50	-	-	-

Cabe destacar que, para la Hipótesis 1 como para la Hipótesis 2, la huella hídrica verde será siempre la misma (llueve sobre toda la superficie) (Tabla 28).

Tabla 28. Desviación típica del valor de la huella hídrica de los últimos 5 años respecto de la media de los últimos 15 años, en el total de las zonas verdes y en los 3 parques analizados, para la Hipótesis 1 e Hipótesis 2.

	Hipótesis 1			Hipótesis 2		
	Huella hídrica azul	Huella hídrica verde	Huella hídrica total	Huella hídrica azul	Huella hídrica verde	Huella hídrica total
Total zonas verdes	337.235,63	353.228,94	109.687,34	353.380,57	353.228,94	105.532,30
Parque Vuelta del Castillo	12.334,57	25.045,35	15.487,64	13.176,34	25.045,35	14.775,96
Parque Yamaguchi	9.058,47	7.492,23	2.100,22	9.299,49	7.492,23	2.166,08
Parque del Mundo	4.810,10	4.417,83	1.280,41	5.420,72	4.417,83	1.248,20

En la Tabla 28 se comprueba que, tanto para la hipótesis 1 como para la Hipótesis 2, la variabilidad de la huella hídrica azul es superior a la variabilidad de la huella hídrica verde (excepto en la Vuelta del Castillo). Esto se debe a la variabilidad asociada a los valores de los parámetros meteorológicos (principalmente a la precipitación efectiva, Pef). En años muy lluviosos, podría darse el caso de que la Pef fuera muy elevada, y por lo tanto las Nn fueran muy bajas, pero en la latitud en la que se sitúa Pamplona esto no es común, por lo que generalmente, la huella hídrica azul siempre será superior a la huella hídrica verde.

Como la huella hídrica azul hace referencia a las necesidades de riego, esta siempre satisfará las necesidades del jardín (si no llueve, $ETL=Nn$). En cambio, la huella hídrica verde al depender únicamente de la Pef, solo cubrirá las necesidades de jardín cuando la Pef sea igual o mayor que la ETL (la Pef es un parámetro que no se puede controlar). En este sentido, en la mayoría de los casos, los consumos de agua verde siempre estarán por debajo de los consumos de agua azul.

Si se compara la huella hídrica azul y la huella hídrica verde en el Parque Vuelta del Castillo, se comprueba como esta última es bastante superior. Esto se debe a que más de la mitad de la superficie total del parque no se riega (césped en los fosos de la Vuelta del Castillo, cuyo consumo de agua solo depende de la Pef), por lo que al ser la superficie de consumo de agua verde mucho mayor que la superficie de consumo de agua azul, la huella hídrica verde es mayor.

Ocurre lo mismo con la variabilidad de la huella hídrica azul y la huella hídrica verde entre los distintos parques. El Parque Vuelta del Castillo, al ser el parque con mayor superficie (seguido por el Parque Yamaguchi), la variabilidad del consumo teórico de agua será mayor en comparación con el resto.

Si se comparan los valores de la desviación típica de la huella hídrica total, de la Hipótesis 1 y de la Hipótesis 2, se observa que en esta última, el valor disminuye. Esto se debe al aumento de la variabilidad de la huella hídrica azul (se considera el consumo de agua azul de árboles y arbustos situados en parques y jardines, por lo que aumenta la cantidad de agua azul consumida por unidad de superficie), que al sumarse con la huella hídrica verde (permanece constante ya que siempre llueve sobre toda la superficie), hace que la variabilidad de la huella hídrica total disminuya.

3.1.2. Resultados específicos

3.1.2.1. Evapotranspiración de referencia (ETo) y precipitación efectiva (Pef)

Al analizar los valores obtenidos de la evapotranspiración de referencia (ETo) y de la precipitación efectiva (Pef), se ha comprobado que la ETo de los últimos 5 años se ajusta a la media de los últimos 15 años (Figura 43). Sin embargo, los valores mensuales de la Pef de los últimos 5 años son muy variables respecto a la media de los últimos 15 años (Figura 44).

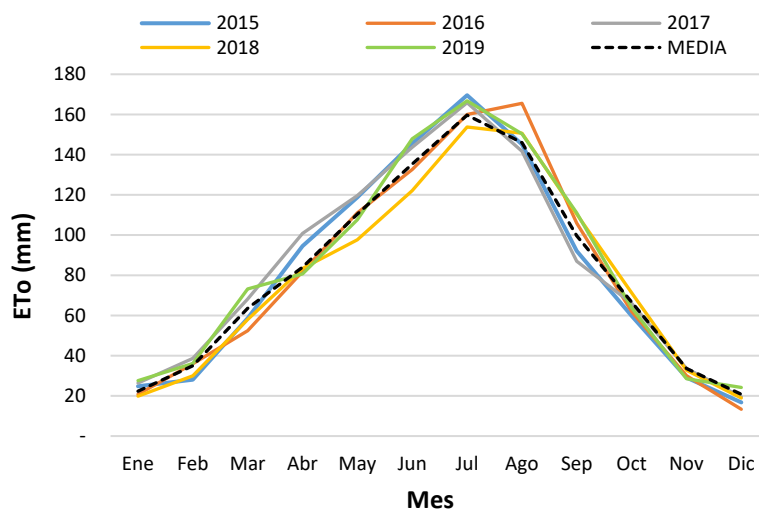


Figura 43. Evapotranspiración de referencia (ETo) en mm/mes, para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CROPWAT 8.0.

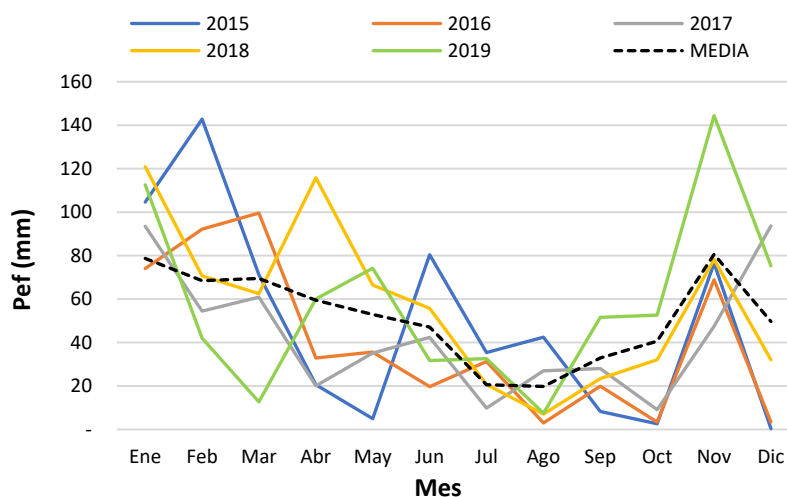


Figura 44. Precipitación efectiva acumulada (Pef) en mm/mes, para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CROPWAT 8.0.

3.1.2.2. Coeficiente de jardín (KL) y necesidades hídricas del jardín (ETL)

Como se muestra en la Tabla 15, el césped y las praderas presentan un mayor KL (0,96), seguidas por las masas florales (0,84), las masas arbóreas y unidades de árboles (0,7), y las masas arbustivas y unidades de arbustos (0,65). Por último, las plantas tapizantes son las que presentan un menor KL (0,6).

El coeficiente de jardín (KL), multiplicado por la evapotranspiración de referencia (ETo), aporta las necesidades hídricas de jardín (ETL). Como la ETo es la misma para cada tipo de vegetación, el valor de KL es el responsable de que unas plantas sean más demandantes de agua que otras a efectos de cálculo, o dicho de otra forma, que tengan mayores necesidades hídricas. Por lo tanto, si KL es mayor las necesidades hídricas del jardín aumentan (6).

$$\uparrow KL \rightarrow \uparrow ETL \quad (6)$$

Como KL es un valor constante y la ETo anual se mantiene muy poco variable a lo largo del tiempo (Figura 43), las necesidades hídricas anuales para cada tipo de vegetación apenas varían a lo largo de los años.

3.1.2.3. Superficie y consumo de agua de las zonas verdes urbanas

Si se multiplica la superficie por las necesidades hídricas del jardín se obtiene el consumo teórico de agua o la huella hídrica teórica. El tipo de vegetación con mayor KL y mayor superficie ocupada, será el que

mayor cantidad de agua consume. Por el contrario, el tipo de vegetación con menor KL y menor superficie ocupada, será el que menor cantidad de agua consume.

Todas las zonas verdes de Pamplona consumen agua verde, y sólo aquellas que disponen de un sistema de riego consumen agua azul. En la Figura 45 se proporcionan los valores de las superficies regadas, según el tipo de vegetación.

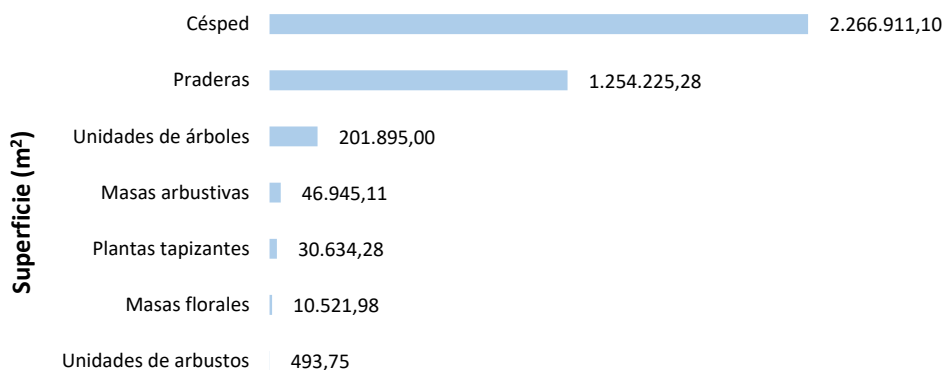


Figura 45. Superficie que ocupan los distintos tipos de vegetación del total de zonas verdes regadas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Por lo tanto, el césped al ser el tipo de vegetación con mayores necesidades hídricas (mayor KL), y el que mayor superficie ocupa (62,81% del total de las zonas verdes regadas), su huella hídrica estimada será superior al resto (expresada m³).

A continuación, en la Figura 46, se comparan los resultados obtenidos de la huella hídrica azul y de la huella hídrica verde anual (en m³), para una media de 15 años, según el tipo de vegetación. De esta forma se ha comprobado qué tipo de vegetación consume mayor y menor cantidad de agua en función de la superficie que ocupa y de su KL. En la Figura 47, se muestran con más detalle aquellas con valores más bajos.

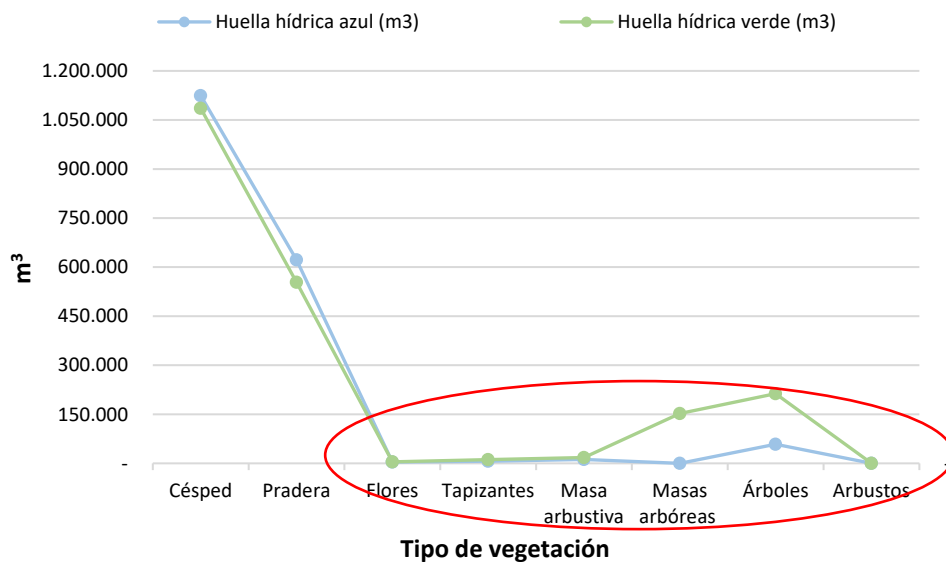


Figura 46. Variación de la huella hídrica azul anual y huella hídrica verde anual (en m³), para la media de los últimos 15 años, según la superficie que ocupa cada tipo de vegetación.

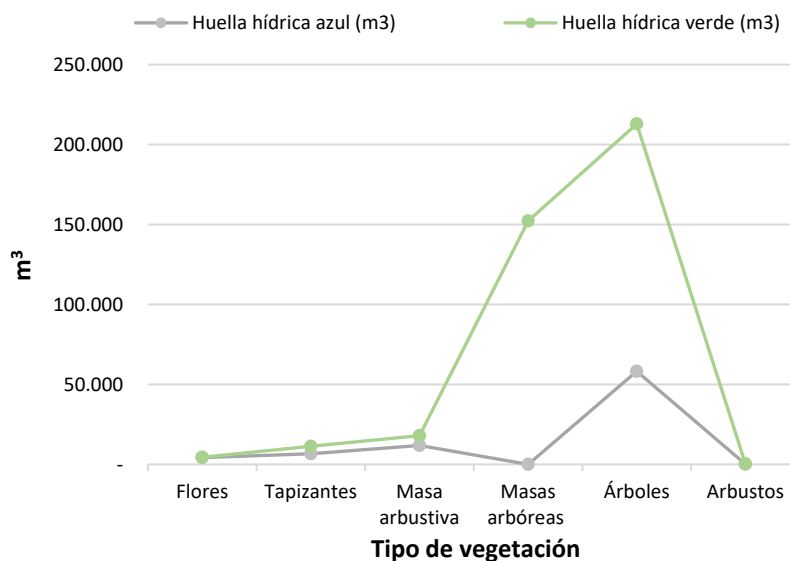


Figura 47. Variación de la huella hídrica azul anual y huella hídrica verde anual (en m³), para la media de los últimos 15 años, según la superficie que ocupa cada tipo de vegetación.

La Figura 46 muestra como el césped, seguido por las praderas, es la vegetación que precisa un mayor consumo de agua azul y verde (mayor KL y mayor superficie). En cambio, la Figura 47 muestra como los arbustos (a pesar de no tener el KL más pequeño, pero sí tener una superficie muy reducida) requieren valores de consumo de agua azul y verde mucho más bajos. Las flores a pesar de tener un KL elevado, al ocupar poca superficie, su consumo también es bajo. El consumo de agua azul de las masas arbóreas es 0 ya que no se riegan.

Por lo tanto, para Pamplona, según las estimaciones realizadas, el césped será la vegetación con mayores consumos de agua azul, seguido por las praderas, árboles, masas arbustivas, tapizantes, masas florales y arbustos.

A continuación, en las Figuras 48, 49, 50, 51 y 52, se comparan los consumos de agua azul y verde (en mm) de los últimos 5 años, respecto de la media de los últimos 15 años.

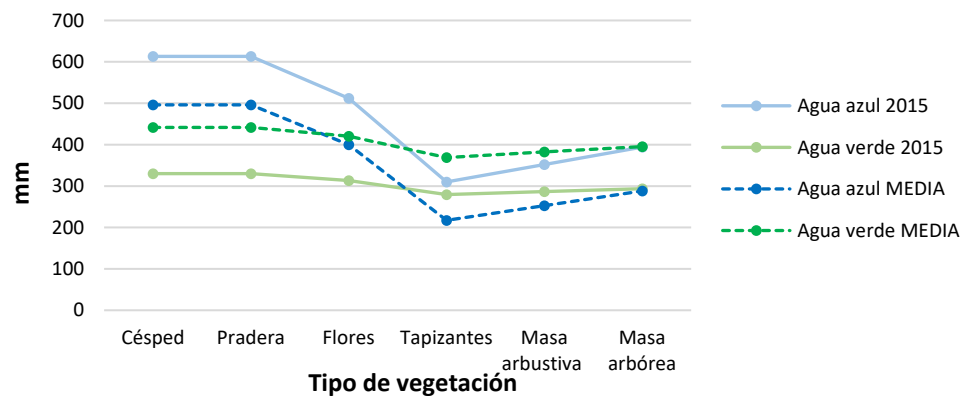


Figura 48. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2015.

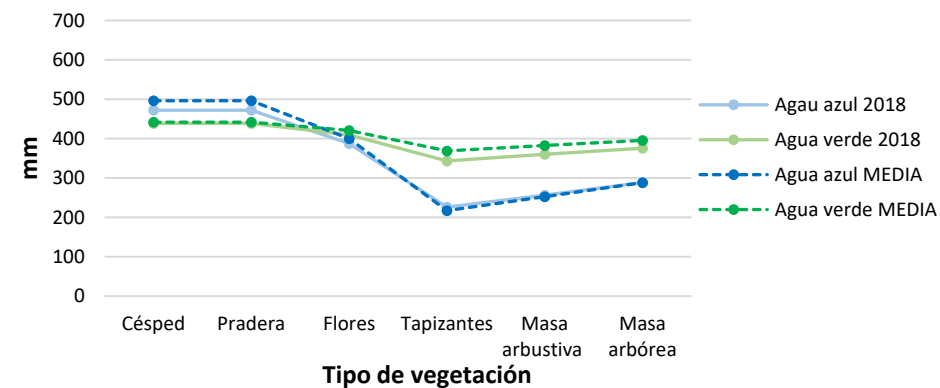


Figura 51. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2018.

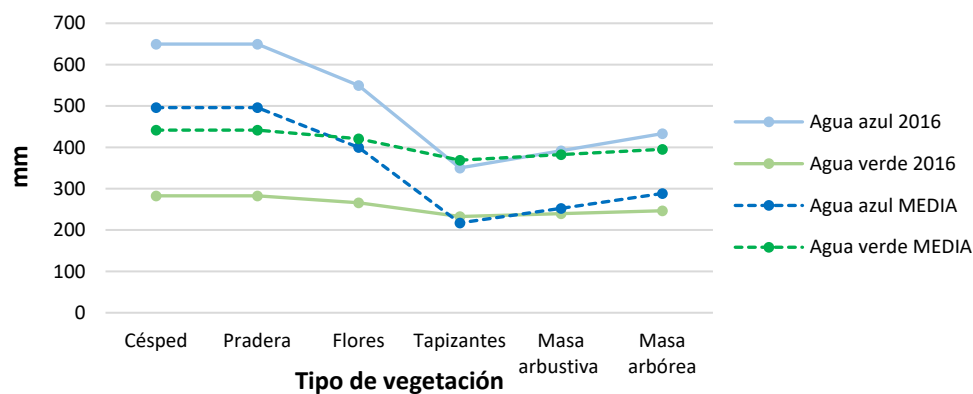


Figura 49. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2016.

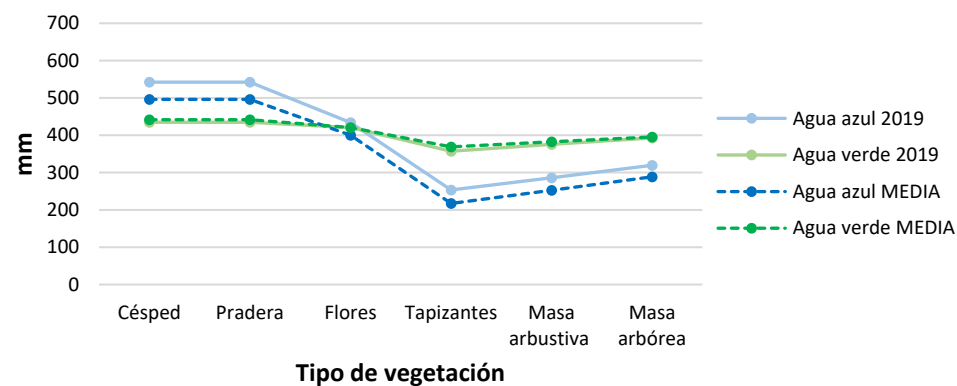


Figura 52. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2019.

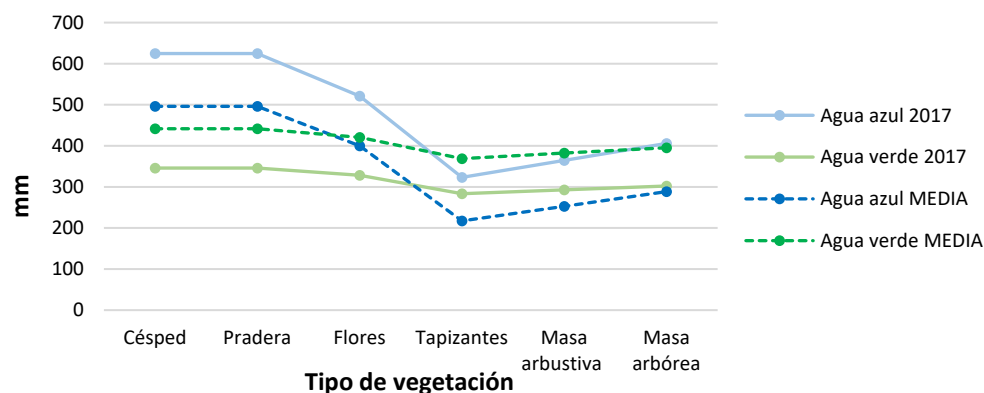


Figura 50. Variación del consumo de agua azul y verde respecto de la media, para el año 2017.

Las Figuras 51 y 52 muestran como las necesidades hídricas de la vegetación con menor KL, son cubiertas mayormente por el agua de lluvia en vez del agua de riego. En cambio, para las Figuras 48, 49 y 50, a pesar de los distintos KL para cada tipo de vegetación, las necesidades hídricas son cubiertas mayormente por el agua de riego. Cabe destacar que los años 2018 (Figura 51) y 2019 (Figura 52) son los que más se ajustan a la media.

3.1.2.4. *Necesidades de riego (Nn) y precipitación efectiva (Pef)*

En las Figuras 53, 54, 55, 56, 57 y 58 se representan los valores de la evapotranspiración para un cultivo de referencia (ET_o) frente a la precipitación efectiva (P_{ef}) en los últimos 5 años, y para la media de los últimos 15 años. De esta forma se ha comprobado que la variabilidad de los aportes de agua depende fundamentalmente de la variabilidad de la precipitación efectiva (P_{ef}), ya que la ET_o es muy poco variable a lo largo de los años. En el momento en el que la P_{ef} sea menor que la ET_o, será necesario realizar aportes de agua de riego.

Como se ha mencionado antes, las necesidades hídricas anuales son muy poco variables a lo largo de los años, por los que las necesidades de riego anuales dependerán en gran medida de la precipitación efectiva. Si la precipitación efectiva es muy variable las necesidades de riego también lo serán.

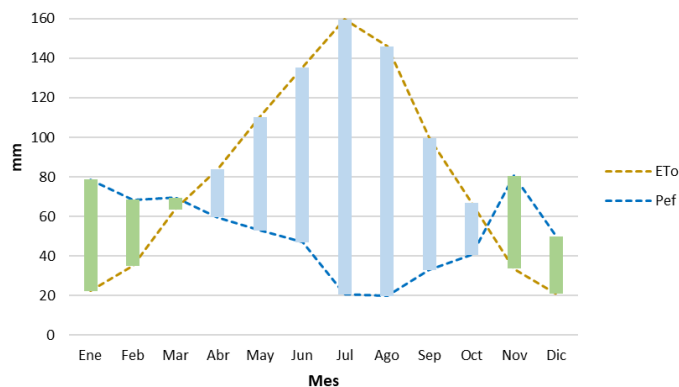


Figura 53. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para la media de los últimos 15 años.

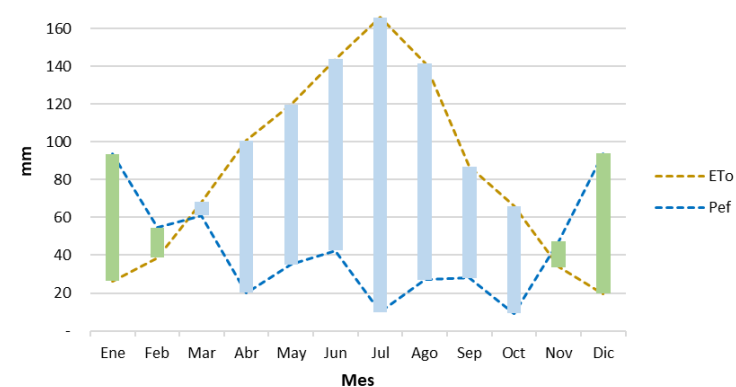


Figura 56. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2017.

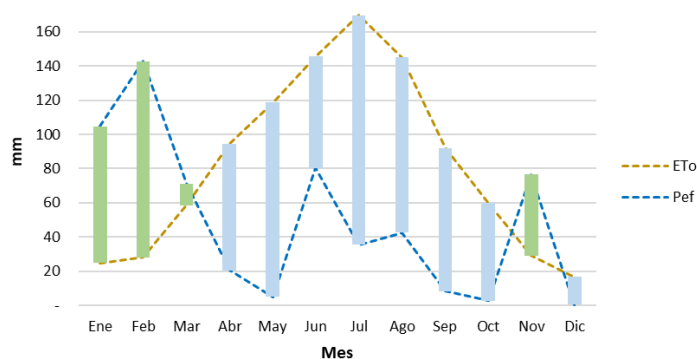


Figura 54. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2015.

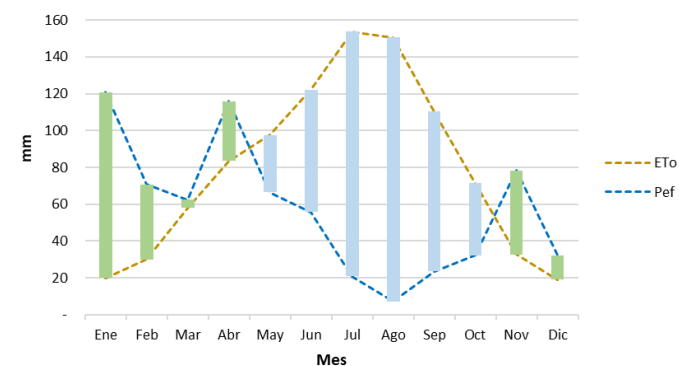


Figura 57. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2018.

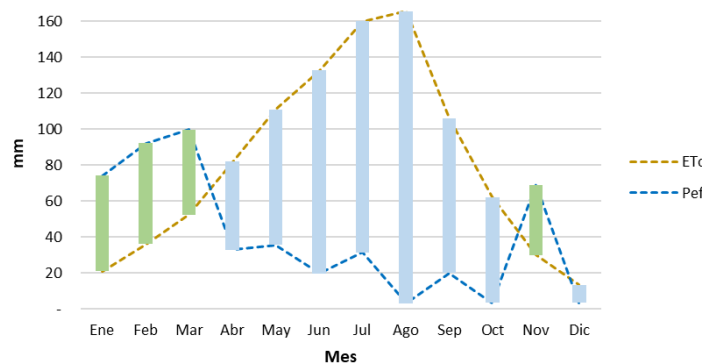


Figura 55. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2016.

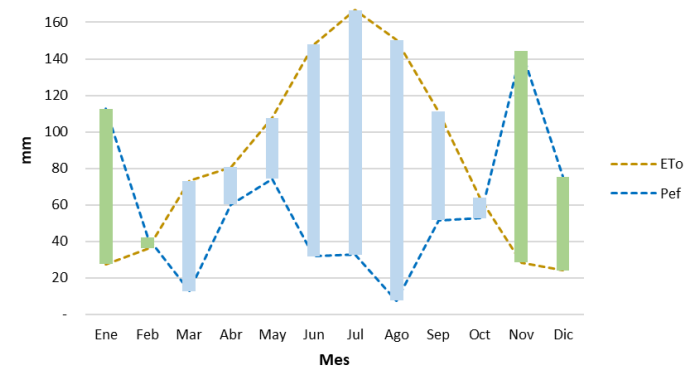


Figura 58. Excedente de agua (barras verdes) y déficit de agua (barras azules) para el cultivo de referencia, para el año 2019.

En las Figuras 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se ha podido comprobar que los excedentes y déficits de agua son muy variables para los distintos años, por lo que los aportes anuales de agua azul y verde serán muy diferentes. En los años en los que la precipitación sea escasa, el déficit hídrico deberá ser cubierto con el riego (aumento de las necesidades de riego). En cambio, en los años en los que las precipitaciones sean muy abundantes, las necesidades de riego disminuirán.

$$Si \uparrow P_{ef} \rightarrow \downarrow N_n \quad (7)$$

$$Si \downarrow P_{ef} \rightarrow \uparrow N_n \quad (8)$$

A pesar de la diferencia entre los aportes de agua azul y verde interanuales, los aportes de agua totales serán muy similares año tras año, ya que las cantidades de agua azul y agua verde se compensan.

Según las figuras anteriores, para un cultivo de referencia (con $KL=1$) ubicado en Pamplona, se debería comenzar a regar en abril (media de 15 años), aunque en años los 2017 y 2019 se debería comenzar a regar en marzo, y en el año 2018 este se retrasaría a mayo. Por el contrario, el riego finalizaría en octubre (media de 15 años, y años 2017, 2018 y 2019), pero para los años 2015 y 2016 este finalizaría en diciembre (necesidades teóricas). Evidentemente, esta afirmación responde a un criterio de optimización del estado hídrico de la planta, sin estrés hídrico y maximización de la producción, que no tiene que ser el criterio prioritario en el caso de parques naturalizados.

3.1.2.5. Consumos teóricos de agua en zonas verdes urbanas

A pesar de las necesidades hídricas teóricas calculadas, en la práctica sería impensable regar en invierno y otoño. Las temperaturas bajas hacen que la vegetación esté en estado latente y no sea necesario aplicar riego (no demandan la misma cantidad de agua que en verano). Por otro lado, en abril y mayo a pesar de que haya déficit hídrico, tampoco se riegan las zonas verdes urbanas ya que la combinación de altas temperaturas y riego haría que la vegetación se desarrollara en mayor cantidad y con más fuerza, lo que dificultaría las labores de mantenimiento.

Por lo tanto, a pesar de que las necesidades teóricas indiquen esa variabilidad en los meses de riego, lo habitual es tener en cuenta solo las necesidades hídricas entre los meses de junio y septiembre incluidos (en el caso de Pamplona). En los meses anteriores a junio, se deja que la vegetación amarillee (sobre todo el césped ya que es el más demandante de agua) para poder realizar las labores de mantenimiento de forma adecuada (una vez finalizadas se da comienzo al riego). En casos extremos sí sería necesario aplicar riegos en el mes de mayo.

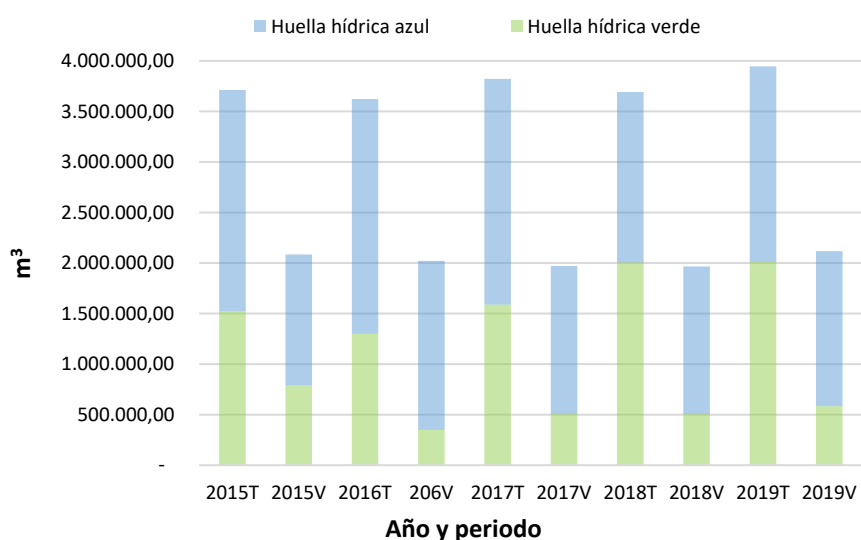


Figura 59. Comparación entre los consumos teóricos de agua anuales (T) y los consumos teóricos de agua entre los meses de junio y septiembre incluidos (V), para la Hipótesis 1.

La Figura 59 muestra cómo teniendo en cuenta solo los meses con mayores déficits hídricos (de junio a septiembre), el consumo teórico de agua baja casi hasta la mitad. Para una media de 15 años, si no se

tiene en cuenta el riego individual de árboles y arbustos (Hipótesis 1), la huella hídrica anual de las zonas verdes públicas de Pamplona es de 3.808.169,49 m³, siendo la huella hídrica verde de 2.038.590,48 m³ (consumo de agua de lluvia) y la huella hídrica azul de 1.769.579,01 m³ (consumo de agua de riego). En cambio, la huella hídrica total entre los meses junio y septiembre (para la Hipótesis 1) es de 1.992.766,70 m³, siendo la huella hídrica verde de 568.860,52 m³ y la huella hídrica azul de 1.423.906,18 m³.

Lógicamente, únicamente considerando los meses de junio a septiembre (ambos incluidos), la huella hídrica verde se reduce mucho (meses con menor precipitación) y por consiguiente aumenta la huella hídrica azul (el déficit de agua de lluvia se compensa con el riego). La huella hídrica teórica entre los meses de junio y septiembre se reduce en un 44,7%, respecto de la huella hídrica teórica anual.

Si se compara la variabilidad del consumo anual de agua azul y agua verde de los últimos 5 años, respecto de la media de 15 años, para la Hipótesis 1, se aprecia que cuando una es escasa, la otra aumenta, haciendo que el agua total consumida (huella hídrica total) sea casi constante a lo largo de los años.

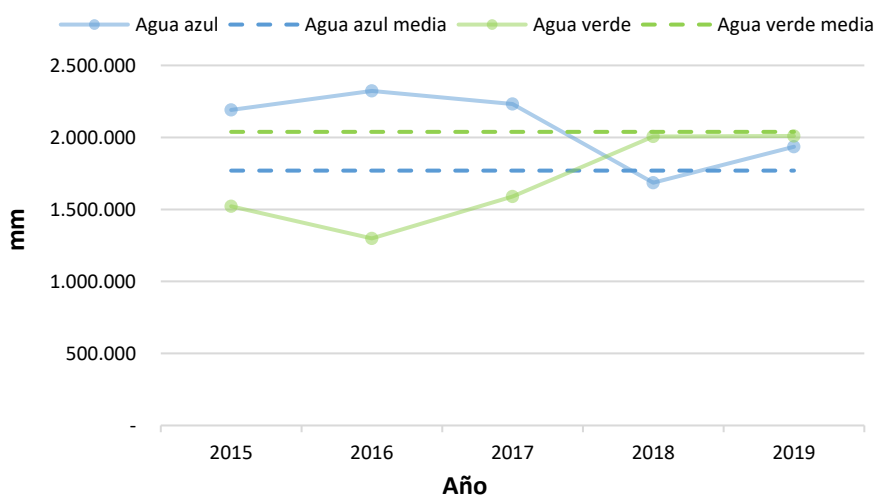


Figura 60. Variación de la huella hídrica verde y huella hídrica azul del total de zonas verdes en los últimos 5 años, respecto de la media de los últimos 15 años, para la Hipótesis 1.

Si se compara la huella hídrica anual por parques en función de la superficie (Figura 61), la Vuelta del Castillo es el parque con mayor consumo de agua verde y azul, para la media de 15 años. Además, se puede observar cómo la huella hídrica verde y la huella hídrica azul aumentan de forma proporcional según la superficie.

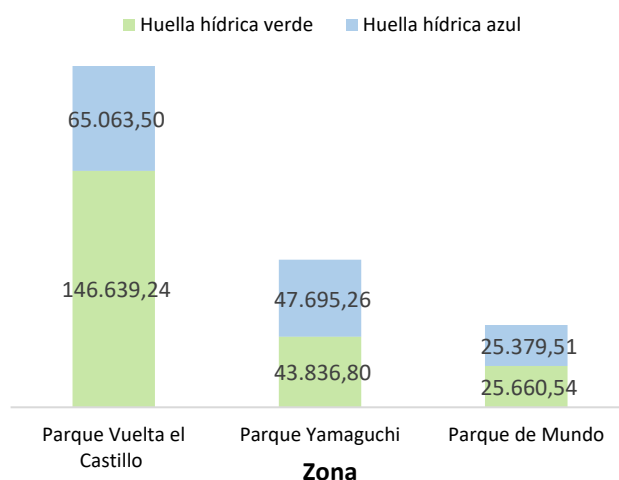


Figura 61. Huella hídrica teórica azul y verde anual expresada en m³ (en función de la superficie), para la media de 15 años, en los 3 parques analizados, según la Hipótesis 1.

En el Parque Vuelta del Castillo, como el césped de los fosos no se riega y este supone más de la mitad de la superficie total, se observa un aumento importante de la huella hídrica verde.

Por otro lado, si se compara la huella hídrica anual por parques y del total de zonas verdes, sin tener en cuenta la superficie, se comprueba como los consumos de agua azul y verde son muy similares. En el que más varía es en el Parque del Mundo, y esto se debe al número de árboles por unidad de superficie (mayor respecto al resto de parques y al total de las zonas verdes).

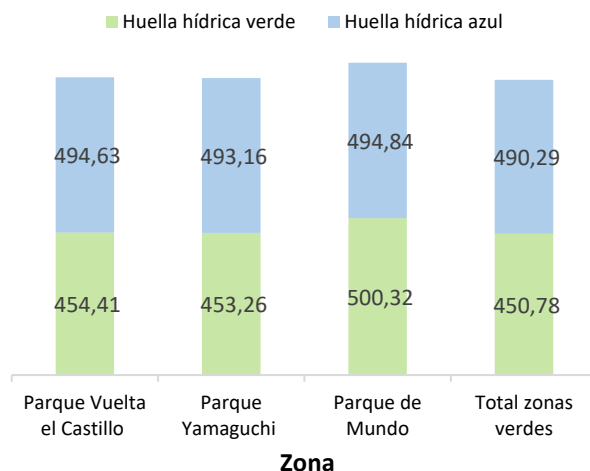


Figura 62. Figura 61. Huella hídrica teórica azul y verde anual expresada en mm, para la media de 15 años, en los 3 parques analizados, según la Hipótesis 1.

3.1.2.6. Comparación del consumo teórico y consumo real de agua azul

Si se comparan los consumos teóricos de agua azul anuales, con los consumos teóricos de agua azul entre los meses de junio y septiembre (ambos incluidos), y con los consumos de agua azul reales, se comprueba lo siguiente:

a) Para el Parque Vuelta del Castillo

Pese a que las diferencias entre el consumo teórico y el consumo real sean muy notables, se aprecia una similitud en la curva de consumo de agua azul a lo largo de los años. A pesar de haber calculado el consumo teórico de agua azul para los meses en los que se riega en Pamplona (de junio a septiembre ambos incluidos) existe una diferencia de 30.000m³. Si se tiene en cuenta que no se riega en la 1ª quincena de julio debido a las fiestas de la ciudad, el consumo teórico sigue sin aproximarse al consumo real.

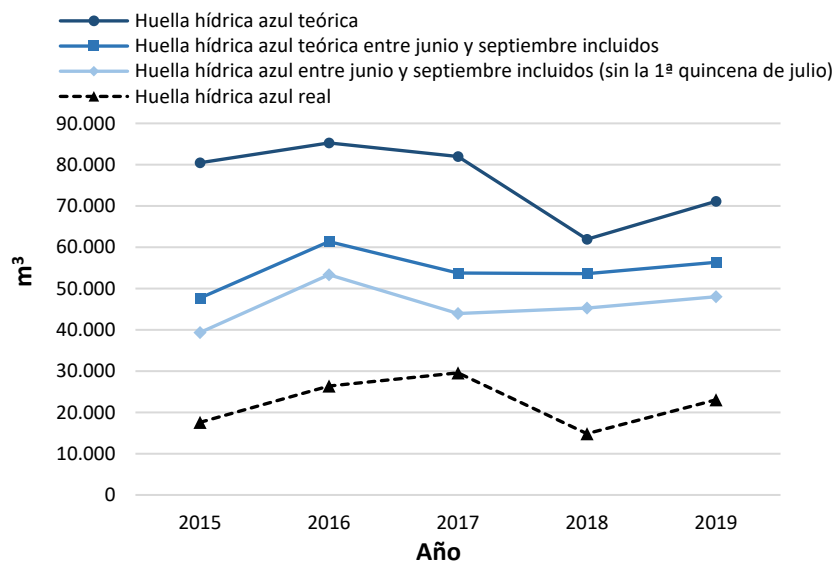


Figura 63. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque Vuelta del Castillo, expresado en m³. Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.

b) Para el Parque Yamaguchi

En este parque se puede comprobar cómo se ajustan las líneas de consumo real de agua azul y consumo teórico de agua azul entre los meses de junio y septiembre. Algunos años se aprecian diferencias que rondan los 5.000 m³.

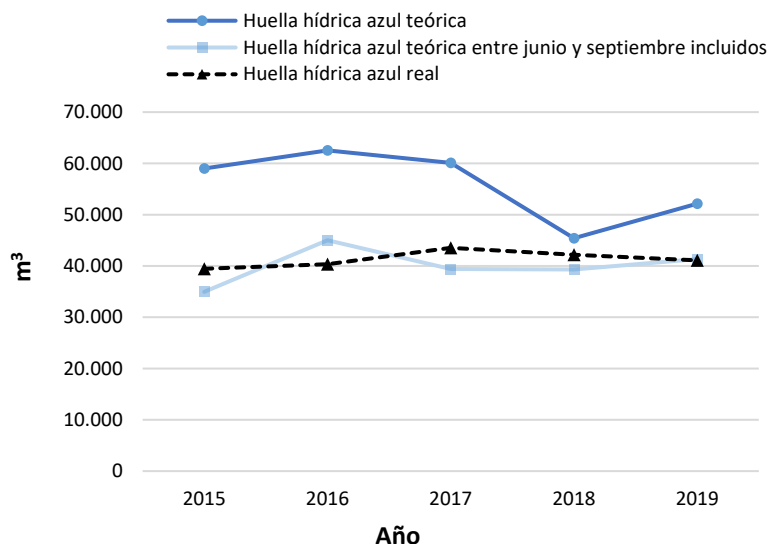


Figura 64. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque Yamaguchi, expresado en m³. Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.

c) Para el Parque del Mundo

Para este parque se aprecian cambios muy bruscos en el consumo real que se achacan al arreglo masivo de fugas entre los años 2016 y 2018. Es por eso que en los años 2015 y 2016 el consumo real supera el consumo teórico entre los meses de junio a septiembre. Llama la atención el descenso del consumo real de agua azul, ya que en 2 años, este se reduce en 15.000 m³, y para el año 2019 este está casi 10.000 m³ por debajo del consumo teórico en los meses de riego establecidos (entre junio y septiembre).

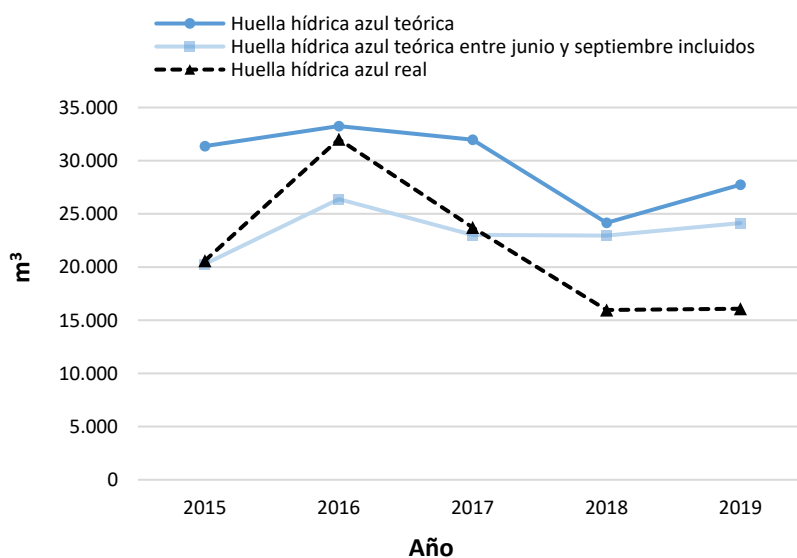


Figura 65. Diferencias entre el consumo teórico y el consumo real de agua azul en el Parque del Mundo expresado en m³. Fuente: Huella hídrica azul teórica: estimación propia; Huella hídrica azul real: Ayuntamiento de Pamplona.

3.1.2.7. Comparación de la Hipótesis 1 e Hipótesis 2

Para el cálculo de la huella hídrica, además de hacer distinción entre los distintos tipos de vegetación, se han tenido en cuenta 2 hipótesis de cálculo. La 1ª hipótesis hacía referencia a que no se tenían en cuenta

los árboles y arbustos a la hora de calcular el consumo de agua azul de parques y jardines. Esta forma de actuar es muy habitual, sobre todo, cuando los árboles y arbustos son adultos y ya han desarrollado un sistema radicular adecuado (no son exigentes con el riego). Por otro lado, en la 2ª hipótesis sí se tenía en cuenta el consumo de agua azul de árboles y arbustos en parques y jardines, aumentando la dosis de riego por unidad de superficie. Esto es habitual cuando los árboles y arbustos están recién plantados. Los árboles recién plantados reciben una mayor cantidad de agua que la demandada, para que esta llegue a mayor profundidad y que las raíces crezcan hacia abajo evitando problemas de vuelco (muy habituales en las ciudades debido a un desarrollo radicular muy bajo y superficial). A los arbustos se les suele instalar un sistema de riego por goteo para evitar que se sequen en épocas de mucho calor.

A continuación, en la Tabla 30, se muestra el aumento de la huella hídrica según la Hipótesis 2, respecto de la Hipótesis 1, en el total de zonas verdes (ZV), y para el Parque Vuelta del Castillo (VC), el Parque Yamaguchi (Y), y el Parque del Mundo (M).

Tabla 29. Aumento de la huella hídrica azul y verde según la Hipótesis 2, en comparación con la Hipótesis 1.

	ZV	VC	Y	M
Huella hídrica azul	1,03	1,05	1,02	1,09
Huella hídrica verde	1,00	1,00	1,00	1,00

La Tabla 30 muestra como independientemente de la hipótesis, el valor de la huella hídrica verde se mantiene igual, ya que el agua de lluvia cae sobre todo la superficie. En cambio, en el caso de la huella hídrica azul, como solo se riegan determinadas zonas (como indican las hipótesis), esta varía.

Para el total de las zonas verdes, la huella hídrica azul para la Hipótesis 2 aumenta un 3% respecto a la Hipótesis 1 (este se considera el valor medio). Si se compara el valor de aumento de la huella hídrica de la Hipótesis 2 respecto a la Hipótesis 1 entre los distintos parques, se obtienen las siguientes conclusiones:

- El Parque Vuelta del castillo destaca del resto por sus grandes explanadas de césped y el gran número de árboles. Si se tiene en cuenta la Hipótesis 2, el valor de la huella hídrica azul aumenta un 5% respecto de la Hipótesis 1, debido al elevado número de árboles por unidad de superficie (73 árbol/ha).
- El Parque Yamaguchi, con menor superficie de césped que la Vuelta del Castillo, también cuenta con grandes explanadas, pero el número de árboles es inferior (64 árboles/ha). Si se tiene en cuenta la Hipótesis 2, el valor de la huella hídrica azul aumenta un 2% respecto de la Hipótesis 1. Esto se debe al bajo número de árboles por unidad de superficie, por lo que su consumo de agua azul es poco representativo respecto del total.
- Por último, el Parque del mundo destaca por la gran densidad de árboles por unidad de superficie (165 árboles/ha). Si se tiene en cuenta la Hipótesis 2, el valor de la huella hídrica azul aumenta un 9% respecto de la Hipótesis 1. Esto se debe al elevado número de árboles por unidad de superficie, por lo que su consumo de agua azul es muy representativo respecto del total.

Por lo tanto, cuanto mayor es el número de árboles por superficie, mayor es la huella hídrica azul, y por lo tanto la huella hídrica total.

3.2. Análisis de la huella de carbono en zonas verdes urbanas

En la Tabla 31 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono, a partir de la *Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas* elaborada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Además, en el *Anexo 4: Cálculo de la huella de carbono en zonas verdes de Pamplona*, se presentan los resultados más detalladamente.

Tabla 30. Absorciones de CO₂ en el Parque Vuelta del Castillo, Parque Yamaguchi y Parque del Mundo, respecto a las absorciones de CO₂ de todas las zonas verdes, para un periodo de 50 años.

	Nº de pies	Superficie (ha)	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
			t CO ₂	t CO ₂ /ha
Parque Vuelta del Castillo	963	1,06	775,43	734,94
Parque Yamaguchi	618	0,30	357,83	1.188,03
Parque del Mundo	842	0,77	807,93	1.055,84
Total de zonas verdes	74.896	92,35	56.528,46	612,08

Para un periodo de 50 años, se ha estimado que todos los árboles de Pamplona son capaces de absorber 56.528,46 t de CO₂ atmosférico, lo que equivale a 1.131,07 t de CO₂ fijado al año. Si se comparan las absorciones de los árboles por unidad de superficie, el Parque Yamaguchi y el Parque del Mundo se sitúan por encima de la media, con 1.188,03 t de CO₂/ha y 1.055,84 t de CO₂/ha respectivamente. En cambio, la Vuelta del Castillo se sitúa por debajo con 734 t de CO₂/ha. Esto se debe fundamentalmente al número de árboles por superficie. Cabe destacar que esta superficie se corresponde con el marco de plantación.

Si se analizan las cantidades de CO₂ absorbidas por unidad de árbol, se observa que los árboles del Parque del Mundo son los que mayor cantidad de CO₂ absorben (0,96 t de CO₂/árbol), seguidos por los árboles del Parque Vuelta del Castillo (0,80 t de CO₂/árbol) y por último los árboles del Parque de Yamaguchi (0,58 t de CO₂/árbol). Estos valores indican que, en el parque del Mundo, los árboles tienen una mayor capacidad de absorción, relacionada con su velocidad de crecimiento (cuanto más rápido crece un árbol, más CO₂ absorbe). Del total de las zonas verdes, se ha estimado que, al año, cada árbol fija una media de 15 kg de dióxido de carbono (CO₂).

Si en Pamplona, con un superficie de 25,11 km², sus árboles absorben 1.131,07 t de CO₂ al año, considerándose la misma densidad de árboles (alrededor de 30 árboles/ha) y especies, se estima que en la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona, con una superficie de 1327,9 km², los árboles absorben 59.814,7 t de CO₂ al año. De esta manera las emisiones anuales de los servicios públicos de la MCP (47.211,4 t de CO₂ emitidos a la atmósfera anualmente) son absorbidas por completo por los árboles que la componen. Cabe destacar que a estas emisiones habría que añadir las emisiones de los servicios privados así como las emisiones domésticas y de los vehículos privados.

4. Conclusiones

La huella hídrica media de los últimos 15 años, del total de las zonas verdes públicas de Pamplona, para la Hipótesis 1 (no se consideran las necesidades de agua azul de árboles y arbustos), es de 3,81 hm³ al año, aumentando en casi un 2% si se consideran las necesidades de agua azul de árboles y arbustos (3,87 hm³ para la Hipótesis 2).

La variabilidad anual en el consumo de agua azul puede ser de 0,34 hm³, por lo que esta puede tener un efecto importante en el coste anual asociado al agua de riego. En este sentido, es importante considerar la variabilidad anual del consumo de agua azul a la hora de racionalizar el riego.

El consumo de agua azul y verde depende mayoritariamente de la precipitación efectiva (Pef), por lo que sus valores serán muy variables. En cambio, el consumo de agua total (agua verde + agua azul) es muy poco variable ya que cuando el agua verde aumenta el agua azul disminuye, y viceversa.

Se ha comprobado que, cuanto mayor es el número de árboles por unidad de superficie, mayor es el consumo de agua, y que en la media de los últimos 15 años, las necesidades hídricas de los árboles son cubiertas en mayor cantidad por el agua verde que por el agua azul (al ser menos demandantes de agua, gran parte de sus necesidades son cubiertas por la precipitación efectiva).

Al comparar el consumo teórico estimado con el consumo real, se ha comprobado que el riego de las zonas verdes no obedece a causas racionales (no se ha diseñado a partir de un método de cálculo), por lo que es discrecional y no se tienen en cuenta las necesidades hídricas teóricas de las zonas verdes. Además, se ha observado como, a pesar de que el consumo de agua real sea discrecional, este está por debajo del

consumo teórico, por lo que se produce un ahorro real de los recursos de agua azul. Esto puede indicar que se debe hacer un ajuste en la metodología aplicada, en relación con la latitud en las que se encuentra la ciudad de Pamplona. Como se indica en Clark et al. (1995), el coeficiente de jardín varía según donde se vaya a desarrollar el estudio, por lo que es fundamental ajustar la metodología en campo.

A futuro, sería interesante automatizar el sistema de riego, a partir de las necesidades teóricas estimadas con la metodología de Hoekstra et al. (2011) algo más ajustada a las necesidades reales, con la variación del coeficiente de jardín (KL) en vez del coeficiente de cultivo (Kc) (en las zonas verdes urbanas no se pretende cubrir por completo las necesidades hídricas de la planta, sino que solo se busca su buen aspecto). Un modelo de riego adecuado puede mejorar la eficiencia del uso de agua, y hacer estos espacios más sostenibles.

En lo que respecta a la huella de carbono, en un periodo de 50 años, se absorben 56.553,75 t de CO₂ para el total de las zonas verdes de Pamplona, lo que equivale a 1.131,07 t de CO₂ fijado al año. Se ha estimado que, al año, cada árbol fija una media de 15 kg de CO₂.

Las absorciones de CO₂ varían en función de la especie de árbol, ya que algunos tienen una mayor capacidad de absorción que otros. Esta capacidad de absorción se debe principalmente a su velocidad de crecimiento. Cuanto mayor sea la velocidad de crecimiento del árbol, mayor cantidad de CO₂ absorberá convirtiéndolo en biomasa. Por el contrario, aquellos árboles de pequeño tamaño presentarán absorciones más bajas.

Si la estimación realizada sobre las absorciones de CO₂ de los árboles de Pamplona, se extrapola a las absorciones de CO₂ de todos los árboles de la MCP (se estima una densidad de 30 árboles/ha), se comprueba que las emisiones de los servicios públicos de la MCP son absorbidas en un año por los árboles presentes en ella. A futuro, sería interesante calcular las absorciones de CO₂ de todo el arbolado de Navarra por comarcas, y sobre todo de los alrededores de Pamplona, para hacer un cálculo más ajustado.

En conclusión, ajustar la metodología de cálculo de la huella hídrica según la zona de estudio, y aplicarla en el desarrollo de modelos de gestión de zonas verdes urbanas, puede crear un equilibrio perfecto entre los beneficios que aportan estos espacios a sus habitantes, y un consumo de agua eficiente y sostenible. Además, ha quedado demostrado que el arbolado es fundamental para la depuración del aire en las ciudades, pero que no debe ser la única forma de combatir las altas emisiones de GEI, sino que deben implantarse medidas adicionales para controlar las actividades humanas y reducir así sus emisiones.

5. Referencias

- Aldaya, M., Martínez-Santos, P., & Llamas, M. (2010). Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha Occidental region, Spain. *Water Resour Manage* (2010), 24, 941–958.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO, Riego y Drenaje* 56.
- Ayuntamiento de Pamplona (2020). *Zonas verdes*. Obtenido de Ayuntamiento de Pamplona: <https://www.pamplona.es/turismo/verde>
- Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).
- Chivelet, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 18(1), 33-46.
- Clark, J., Costello, L., & Mayheny, N. (1995). Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardín. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola*(108), 117-127.
- ECURED (2020). *ECURED*. Obtenido de Necesidades hídricas de los cultivos: https://www.ecured.cu/Necesidades_h%C3%ADricas_de_los_cultivos
- Espíndola, C. & Valderrama, J. (2012). Huella de Carbono. Parte 1. *Información Tecnológica*, 23, 163-176.
- Estudio Climático de Navarra (2020). *Estudio Climático de Navarra*. Obtenido de Estudio Climático de Navarra
- Hamideh, N., Sattar, C., & Hoekstra, A. (2019). The blue water footprint of urban green spaces: An example for Adelaide, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 190. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618304754>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London, UK: Earthscan.
- IDEAM (2014). *Cambio climático*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Inglezakis, V., Pouloupoulos, S., Arkhangelsky, E., Zorpas, A., & Menegaki, A. (2016). *Environment and Development*. ELSEVIER.
- Instituto de Estadística de Navarra (2019). *Información estadística: Población y Demografía*. Obtenido de Instituto de Estadística de Navarra: <https://administracionelectronica.navarra.es/GN.InstitutoEstadistica.Web/informacionestadistica.aspx?R=1&E=1>
- IRUSKAN (2020). *GeoPamplona: Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de <https://sig.pamplona.es/>
- Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) (2015). *La Mancomunidad evalúa y certifica su huella de carbono*. Obtenido de Mancomunidad de Pamplona: <https://www.mcp.es/la-mancomunidad/noticias/la-mancomunidad-evalua-y-certifica-su-huella-de-carbono>
- Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) (2017). *El Parque Fluvial de la Comarca como sumidero de CO₂*. Obtenido de Mancomunidad de Pamplona: <https://www.mcp.es/parque-fluvial/noticias/un-estudio-evalua-el-parque-fluvial-de-la-comarca-como-sumidero-de-co2>
- Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) (2019). *Portal de Transparencia*. Obtenido de <http://transparencia.mcp.es/informacion/indicadores/datos/105>

- Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) (2020). *Huella de carbono*. Obtenido de Mancomunidad de Pamplona: <https://www.mcp.es/tags-noticias/huella-de-carbono>
- Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577-1600.
- Meteo Navarra (2021). *Meteorología y climatología*. Obtenido de Meteo Navarra: <http://meteo.navarra.es/>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2018). *INSTRUCCIONES DE USO DE LA CALCULADORA DE ABSORCIONES DE CO2 EX ANTE DE LAS ESPECIES FORESTALES ARBÓREAS ESPAÑOLAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2005). *Cálculo de la precipitación efectiva*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/precipitacionefectiva05_tcm30-82980.pdf
- Naciones Unidas (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de Acuerdo de París: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- ONU (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Romero, C., & Dukes, M. (2007). *Investigation and Development of Methods to Determine Urban Landscape: Irrigation for Planning and Permitting in Central Florida*. Obtenido de Universidad de Florida.
- Strohbach, M., Arnold, E., & Haase, D. (2012). The carbon footprint of urban green space: A life cycle approach. *Landscape and Urban Planning*, 104, 220-229.
- UNFCCC (2008). *Kyoto Protocol: Reference Manual*. Obtenido de UNFCCC: https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf

ANEXO 1

DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES DE DATOS METEOROLÓGICOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS 3

1. Descripción de las series de datos meteorológicos 4

 1.1. Valores medios de los últimos 15 años 4

 1.2. Valores medios para el año 2015 5

 1.3. Valores medios para el año 2016 5

 1.4. Valores medios para el año 2017 5

 1.5. Valores medios para el año 2018 6

 1.6. Valores medios para el año 2019 6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores medios mensuales de los últimos 15 años, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....4

Tabla 2. Valores medios mensuales en el año 2015, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....5

Tabla 3. Valores medios mensuales en el año 2016, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....5

Tabla 4. Valores medios mensuales en el año 2017, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....6

Tabla 5. Valores medios mensuales en el año 2018, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....6

Tabla 6. Valores medios mensuales en el año 2019, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).....6

1. Descripción de las series de datos meteorológicos

Para la elaboración del estudio, se han tomado datos a partir de la estación automática ubicada en la Universidad Pública de Navarra (UPNA) (propiedad de esta), en la finca de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSI A). Esta estación meteorológica fue instalada el 1 de abril del 2004, por lo que presenta series de datos de más de 15 años. La estación se encuentra en las coordenadas X:612019 e Y:4738655, tomadas a partir del sistema de referencia ETRS89 y proyección UTM huso 30. Esta se encuentra a una altitud de 433 msnm. Los parámetros meteorológicos analizados son los siguientes:

- Temperaturas máximas y mínimas diarias expresadas en °C
- Humedad relativa media diaria expresada en %
- Precipitación diaria acumulada expresada en mm/día
- Insolación diaria total expresada en s/día
- Velocidad diaria media del viento a 10 m expresada en m/s

A partir de estos datos diarios, se ha calculado:

- Temperaturas medias máximas y mínimas mensuales expresadas en °C
- Humedad relativa media mensual expresada en %
- Precipitación mensual acumulada expresada en mm/mes
- Insolación diaria media de cada mes expresada en h/día
- Velocidad media mensual del viento a 10 m expresada en km/día

Como uno de los objetivos de este Trabajo Fin de Máster es evaluar la variabilidad de la huella hídrica en función de los datos meteorológicos, se han descargado series de datos para los últimos 5 años (años naturales) y para la media de los últimos 15 años.

1.1. Valores medios de los últimos 15 años

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2005 al 1 de enero del 2020 (Tabla 1). Este periodo va desde el 2005 al 2020 porque la estación meteorológica se instaló en 2004, y el año natural están completo a partir del año 2005.

Tabla 1. Valores medios mensuales de los últimos 15 años, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	8,94	10,23	13,77	16,96	20,19	25,13	27,71	27,67	24,25	19,88	12,92	9,70
Temperatura media mínima (°C)	0,90	0,82	3,05	5,57	8,15	11,81	14,22	13,89	11,27	8,35	4,54	1,13
Humedad relativa media (%)	79,85	72,86	68,05	67,73	67,40	64,80	61,92	61,59	65,61	70,11	77,03	80,13
Precipitación acumulada (mm)	92,38	78,34	79,71	66,60	58,35	51,33	21,35	20,52	34,83	43,64	95,05	54,45
Insolación media (h/día)	3,28	4,61	5,75	6,52	7,25	8,53	9,45	8,96	7,40	5,52	3,46	3,39
Vel. media viento 10 m (km/día)	150,91	201,60	211,97	196,42	199,30	194,11	214,27	198,72	167,62	174,53	168,77	137,09

Como muestra Tabla 1, julio es el mes más cálido, con temperaturas medias máximas de 27,71°C, y también el mes con mayor insolación, 9,45 h/día. En lo que respecta a la temperatura media mínima, enero es el mes más frío con 0,9°C, y a su vez es el mes con menor insolación, 3,28 h/día. La precipitación anual acumulada es de 696,55 mm.

1.2. Valores medios para el año 2015

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2015 al 1 de enero del 2016. Durante este periodo la precipitación acumulada es de 740,8 mm, superando en 50 mm la media anual. El mes más cálido se corresponde con el mes de julio, con una temperatura media máxima de 29,02°C. Por el contrario, el mes más frío es el mes de enero con una temperatura media mínima de 0,25°C. El mes con mayor insolación es junio (9,79 h/día), y el mes con menor insolación es enero (3,32 h/día). El mes de diciembre resulta anómalo debido a las escasas precipitaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios mensuales en el año 2015, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	9,48	7,40	13,75	18,51	20,90	26,39	29,02	28,03	21,66	18,51	14,94	11,69
Temperatura media mínima (°C)	0,25	0,74	3,90	5,79	9,39	12,96	15,97	14,17	9,86	8,37	5,61	2,34
Humedad relativa media (%)	78,13	77,11	70,48	61,43	63,81	65,00	60,97	59,65	67,33	70,10	81,87	85,06
Precipitación acumulada (mm)	132,90	220,80	81,90	21,30	5,00	94,70	37,70	45,90	8,40	2,60	89,20	0,40
Insolación media (h/día)	3,32	3,45	5,01	7,38	7,22	9,79	9,66	8,73	7,27	4,68	3,81	3,53
Vel. media viento 10 m (km/día)	147,48	195,77	194,40	181,12	229,32	190,88	221,96	170,94	167,68	160,95	124,80	73,16

1.3. Valores medios para el año 2016

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2016 al 1 de enero del 2017. Su precipitación anual es de 558 mm, muy por debajo de la media (150 mm menos), por lo que se caracteriza como un año seco. El mes más cálido es agosto, con una temperatura media máxima de 28,95°C, correspondiéndose con el mes de mayor insolación, 10,16 h/día. El mes más frío es diciembre, con una temperatura media mínima de 0,81°C. El mes con menor insolación es el mes de enero (2,70 h/día). En el mes de diciembre las precipitaciones son muy escasas (Tabla 3).

Tabla 3. Valores medios mensuales en el año 2016, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	10,42	10,98	11,28	15,07	19,74	24,18	27,43	28,95	26,14	19,91	12,52	9,99
Temperatura media mínima (°C)	3,24	1,93	2,94	4,89	8,50	11,55	14,35	14,40	12,20	7,24	4,36	0,81
Humedad relativa media (%)	81,03	75,00	72,74	66,00	65,71	64,20	62,35	55,23	63,03	70,52	78,07	87,68
Precipitación acumulada (mm)	85,90	112,40	124,30	34,80	37,90	20,40	33,10	3,00	20,60	3,40	78,80	3,40
Insolación media (h/día)	2,70	4,09	4,43	5,87	6,82	8,31	9,56	10,16	7,42	6,15	3,00	3,37
Vel. media viento 10 m (km/día)	117,37	187,37	202,92	252,16	234,50	199,60	225,45	216,46	155,68	127,28	134,24	70,76

1.4. Valores medios para el año 2017

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2017 al 1 de enero del 2018. Al igual que en el periodo anterior, sus precipitaciones son escasas (590,7 mm), pero esta escasez se reparte entre los distintos meses. Este año llovió 100 mm menos respecto de la media. El mes más cálido es agosto, con temperaturas medias máximas de 27,92°C. Por el contrario, el mes más frío es enero, con temperaturas medias mínimas de -0,79°C. El mes con mayor y menor insolación son julio y diciembre, con 9,33 h/día y 3 h/día respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Valores medios mensuales en el año 2017, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	8,36	13,54	16,38	18,19	23,43	27,64	27,82	27,92	21,96	21,78	13,07	8,75
Temperatura media mínima (°C)	- 0,79	1,93	3,82	3,64	8,69	13,80	14,95	13,83	9,83	7,76	2,47	1,20
Humedad relativa media (%)	72,35	72,54	68,81	60,90	63,97	64,57	60,00	63,29	68,83	69,87	73,90	81,36
Precipitación acumulada (mm)	114,50	60,30	68,40	20,80	37,40	45,80	10,00	28,30	29,40	9,20	51,80	114,80
Insolación media (h/día)	4,56	4,88	6,48	9,43	8,30	8,61	9,33	8,40	7,10	6,64	4,57	3,00
Vel. media viento 10 m (km/día)	169,70	193,37	177,52	197,52	139,82	177,92	231,02	180,85	142,08	129,52	140,48	133,37

1.5. Valores medios para el año 2018

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2018 al 1 de enero del 2019. La precipitación anual acumulada es de 819 mm, muy por encima de la media (más de 120 mm). Las abundantes lluvias se dan en los meses de invierno y primavera. El mes más cálido es agosto, con una temperatura media máxima de 28,40°C. Por el contrario, el mes más frío es febrero, con una temperatura media mínima de 0,67°C. La insolación máxima y mínima se da en los meses de agosto y enero, con 9,81 h/día y 2,65 h/día respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Valores medios mensuales en el año 2018, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	10,05	7,27	11,68	17,30	18,93	23,95	28,31	28,40	26,69	19,09	13,47	11,79
Temperatura media mínima (°C)	2,35	0,67	3,57	6,56	8,04	12,65	15,40	14,99	12,76	8,43	5,12	2,52
Humedad relativa media (%)	84,42	75,04	68,32	68,67	72,45	70,27	66,00	62,97	64,87	67,84	76,60	81,35
Precipitación acumulada (mm)	163,80	81,30	70,40	153,50	75,70	61,80	21,40	7,20	24,40	33,90	91,70	33,90
Insolación media (h/día)	2,65	3,73	4,01	6,48	6,19	7,62	9,34	9,81	8,68	5,49	2,89	3,28
Vel. media viento 10 m (km/día)	98,55	197,74	245,42	184,96	189,21	189,92	187,84	196,49	157,20	210,43	154,88	92,75

1.6. Valores medios para el año 2019

Estos parámetros meteorológicos recogen las series de datos que van del 1 de enero del 2019 al 1 de enero del 2020. En este año las precipitaciones están muy por encima de la media, con 863,4 mm acumulados (160 mm más respecto a la media). El mes más cálido es agosto, con una temperatura media máxima de 29,24°C. Por el contrario, el mes más frío es enero, con una temperatura media mínima de 0,55°C. La insolación máxima y mínima se da en los meses de julio y noviembre, con 9,74 h/día y 2,17 h/día respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Valores medios mensuales en el año 2019, para los parámetros descritos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Meteo Navarra (2021).

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Temperatura media máxima (°C)	8,43	14,44	15,16	16,06	18,50	27,71	28,90	29,24	24,86	20,23	11,78	11,71
Temperatura media mínima (°C)	0,55	0,06	1,82	5,02	6,68	10,80	15,15	14,10	11,42	9,33	4,48	2,88
Humedad relativa media (%)	75,68	70,46	63,68	67,27	64,77	58,33	60,23	61,61	62,93	71,68	80,43	80,19
Precipitación acumulada (mm)	147,30	45,30	13,00	67,30	86,00	33,50	34,50	7,60	56,80	58,00	226,60	87,50
Insolación media (h/día)	3,26	7,06	7,83	6,00	7,20	8,97	9,74	9,39	8,55	5,23	2,17	3,36
Vel. media viento 10 m (km/día)	206,71	107,66	199,90	186,00	223,74	176,48	205,32	178,68	192,72	156,70	146,24	158,17

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS VERDES DE PAMPLONA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS 3

ÍNDICE DE FIGURAS 3

1. Descripción de las zonas verdes de pamplona 4

 1.1. Césped 4

 1.2. Praderas..... 5

 1.3. Plantas tapizantes..... 7

 1.4. Masas florales..... 8

 1.5. Masas arbustivas 9

 1.6. Masas arbóreas 11

 1.7. Unidades de árboles..... 12

 1.8. Unidades de arbustos 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficies de césped distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).....	5
Tabla 2. Superficies de praderas distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).....	6
Tabla 3. Superficies de plantas tapizantes distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	7
Tabla 4. Superficies de masas florales distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).....	8
Tabla 5. Superficies de masas arbustivas distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	9
Tabla 6. Géneros de masas arbustivas presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).....	10
Tabla 7. Superficies de masas arbóreas naturales distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	11
Tabla 8. Géneros de masas arbóreas presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).	12
Tabla 9. Número de árboles plantados distribuidos por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).....	13
Tabla 10 . Géneros de los árboles plantados en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	14
Tabla 11. Unidades de arbustos distribuidos por las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	15
Tabla 12. Géneros de arbustos distribuidos por las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Césped en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.	4
Figura 2. Pradera en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.	6
Figura 3. Plantas tapizantes en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.....	7
Figura 4. Masas florales en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.....	8
Figura 5. Masa arbustiva en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.	9
Figura 6. Masas arbóreas en el Parque Fluvial, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia. .	11
Figura 7. Árboles de la especie <i>Zelkova serrata</i> , situados en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 8. Árbol de la especie <i>Acer pseudoplatanus</i> , situado en la Plaza los Ajos. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 9. Arbustos ubicados en la calle Navas de Tolosa. Fuente: Elaboración propia.	15

1. Descripción de las zonas verdes de pamplona

IRUSKAN es una plataforma similar a IDENA, que sólo contiene información sobre la ciudad de Pamplona. En esta plataforma se encuentran los datos descriptivos (datos cuantitativos y cualitativos) del total de las zonas verdes de Pamplona. Estos vienen clasificados según el tipo de vegetación, y en ellos se indica la superficie que ocupan, las especies que las componen, número de unidades, altura, perímetro del tronco, etcétera.

La información está clasificada según los siguientes tipos de vegetación:

- **Césped:** conjunto de herbáceas muy similares que componen una masa homogénea.
- **Praderas:** conjunto de herbáceas de distintas especies que componen una masa heterogénea.
- **Plantas tapizantes:** conjunto de plantas que cubren el suelo, también conocidas plantas rastreras.
- **Masas florales:** conjunto de flores plantadas que componen una unidad floral.
- **Masas arbustivas:** arbustos o conjunto de arbustos de grandes dimensiones que componen una unidad arbustiva (generalmente de la misma especie).
- **Masas arbóreas:** conjunto de árboles que se han formado naturalmente y que componen una unidad arbórea (generalmente de la misma especie).
- **Unidades de árboles:** Número de árboles que han sido plantados.
- **Unidades de arbustos:** Número de arbustos de pequeñas dimensiones.

Estas 8 clasificaciones vienen georreferencias (formato SHAPE para poder trabajarlas en QGIS), y en conjunto forman el total de las zonas verdes de Pamplona, incluyendo parque y jardines, así como aquellas que se encuentran en el viario (rotondas, medianas, isletas, alcorques, etcétera). Además, cabe destacar que en este estudio solo se incluyen las zonas verdes de uso público.

1.1. Césped

En Pamplona hay un total 2.458.073,23 m² de césped. La Ciudadela-Taconera, así como Mendillorri son las zonas con mayor superficie de césped, 461.877 y 395.926 m² respectivamente (Tabla 1).



Figura 1. Césped en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Superficies de césped distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m²)
A	Berichitos	113.733,07
A	Chantrea	240.661,64
A	Ermitagaña-Mendebaldea	227.896,73
A	Etxabakoiz	66.371,17
A	Euntzetxiki	122.351,86
A	Irunlarrea	4.715,72
A	Landaben	31.310,04
A	Rochapea	163.803,11
A	San Jorge	101.006,14
A	San Juan	119.870,55
A	Santa Lucía	14.335,81
A	Trinitarios	9.577,40
B	Acella	2.095,01
B	Aranzadi	58.717,69
B	Arrosadia	5.793,47
B	Beloso	11.580,95
B	Casco Viejo	42.908,24
B	Ciudadela-Taconera	461.877,29
B	Donapea	10.508,25
B	Iturrama	102.587,90
B	Lezkairu	34.349,45
B	Mendillorri	395.926,68
B	Milagrosa	68.146,05
B	Primer y Segundo Ensanche	47.211,91
B	Sadar	737,10
TOTAL		2.458.073,23

1.2. Praderas

En Pamplona, las praderas ocupan una superficie de 1.254.225,28 m² (se corresponde con la mitad de la superficie destinada a césped). Estas, a diferencia del césped, presentan una mayor variedad de especies herbáceas, siendo más heterogéneas.

En la Tabla 2 se muestra cómo Berechitos (zona situada en las orillas del riego Arga a su paso por San Jorge) es la zonas con mayor cantidad de praderas, con una superficie de 205.750 m². Después le sigue la Chantrea, con una superficie de 183.769 m².



Figura 2. Pradera en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Superficies de praderas distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m²)
A	Berichitos	205.750,65
A	Chantrea	183.796,84
A	Ermitagaña-Mendebaldea	178.935,57
A	Etxabakoiz	57.026,59
A	Euntzetxiki	15.546,42
A	Landaben	133.324,27
A	Rochapea	50.081,59
A	San Jorge	59.091,72
A	San Juan	56.942,59
A	Santa Lucía	104.119,66
A	Trinitarios	22.651,21
B	Acella	22.237,72
B	Aranzadi	4.330,69
B	Arrosadia	52,91
B	Beloso	10.790,24
B	Casco Viejo	61.769,96
B	Ciudadela-Taconera	40.283,70
B	Donapea	7.849,43
B	Iturrama	2.229,21
B	Lezkairu	4.451,90
B	Mendillorri	23.435,83
B	Milagrosa	9.199,59
B	Primer y Segundo Ensanche	326,93
TOTAL		1.254.225,28

1.3. Plantas tapizantes

Las plantas tapizantes, también conocidas como rastreras o cubresuelos, ocupan una superficie de 30.634,28 m².



Figura 3. Plantas tapizantes en el Parque de la Tejería. Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 3, el Casco Viejo es con diferencia la zona con mayor superficie de plantas tapizantes (24.680 m²). Cabe destacar que esta zona se corresponde con el Parque de la Tejería, y que supone más del 80% de la superficie total.

Tabla 3. Superficies de plantas tapizantes distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m ²)
A	Chantrea	801,23
A	Ermitagaña-Mendebaldea	74,12
A	Irunlarrea	224,55
A	Landaben	391,92
A	Rochapea	417,45
B	Beloso	38,81
B	Casco Viejo	24.680,50
B	Ciudadela-Taconera	284,88
B	Iturrama	58,44
B	Mendillorri	2.230,19
B	Milagrosa	973,41
B	Primer y Segundo Ensanche	458,78
TOTAL		30.634,28

1.4. Masas florales

En Pamplona hay un total de 10.521,98 m² de masas florales. Estas se encuentran en parques y jardines, pero también son muy habituales en el viario (rotondas, isletas, medianas, etcétera).

En la Tabla 4, se muestra cómo el Ensanche es la zona con mayor superficie de masas florales (3.515 m²), representado un 33% respecto de la superficie total.



Figura 4. Masas florales en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Superficies de masas florales distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m ²)
A	Berichitos	163,62
A	Chantrea	305,75
A	Ermitagaña-Mendebaldea	308,47
A	Etxabakoiz	89,32
A	Euntzetxiki	3.116,70
A	Irunlarrea	115,52
A	Landaben	58,50
A	Rochapea	228,23
A	San Jorge	21,44
A	San Juan	287,96
A	Santa Lucía	221,03
B	Aranzadi	218,75
B	Casco Viejo	271,49
B	Ciudadela-Taconera	1.345,79
B	Iturrama	183,67
B	Mendillorri	63,79
B	Milagrosa	6,84
B	Primer y Segundo Ensanche	3.515,11
TOTAL		10.521,98

1.5. Masas arbustivas

Las masas arbustivas son arbustos o conjunto de arbustos que componen una unidad arbustiva. En Pamplona, estas ocupan una superficie total de 46.945,11 m².



Figura 5. Masa arbustiva en el Parque de la Taconera. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 5 se muestran las superficies de masas arbustivas distribuidas por toda la ciudad. Mendillorri es la zona con mayor cantidad de masas arbustivas (6.876 m²). Además, en la Tabla 6, se muestra la gran variedad de géneros presentes en la ciudad.

Tabla 5. Superficies de masas arbustivas distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m ²)
A	Berichitos	1.088,40
A	Chantrea	5.520,56
A	Ermitagaña-Mendebaldea	5.464,05
A	Etxabakoiz	927,87
A	Euntzetxiki	75,34
A	Irunlarrea	57,47
A	Landaben	1.884,04
A	Rochapea	1.509,75
A	San Jorge	1.508,65
A	San Juan	2.783,94
A	Santa Lucía	2.409,45
A	Trinitarios	338,83
B	Acella	152,24
B	Aranzadi	1.868,96
B	Arrosadia	1.988,01
B	Beloso	802,76
B	Casco Viejo	1.903,55
B	Ciudadela-Taconera	1.797,33
B	Donapea	55,79
B	Iturrama	3.463,78
B	Lezkairu	367,16
B	Mendillorri	6.876,64
B	Milagrosa	2.726,98
B	Primer y Segundo Ensanche	1.315,29
B	Sadar	58,27
TOTAL		46.945,11

Tabla 6. Géneros de masas arbustivas presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Género	Superficie (m ²)	Género	Superficie (m ²)	Género	Superficie (m ²)	Género	Superficie (m ²)	Género	Superficie (m ²)
Abelia spp.	87,79	Cheiranthus spp.	3,34	Frangula spp.	13,46	Osmanthus spp.	17,79	Rosa spp.	3.537,59
Acanthus spp.	5,06	Chrysanthemum spp.	0,24	Fraxinus spp.	48,30	Ostrya spp.	6,73	Rosmarinus spp.	97,48
Acer spp.	657,41	Cistus spp.	14,50	Fuchsia spp.	4,32	Pachysandra spp.	49,20	Rubus spp.	929,98
Aesculus spp.	1,96	Citrus spp.	1,51	Gynerium spp.	47,32	Parthenocissus spp.	193,05	Ruscus spp.	115,61
Agave spp.	41,27	Clematis spp.	39,47	Hebe spp.	25,95	Passiflora spp.	0,96	Salix spp.	1.521,76
Ailanthus spp.	38,42	Cordylina spp.	26,14	Hedera spp.	987,80	Pelargonium spp.	4,73	Salvia spp.	0,59
Alnus spp.	108,30	Cornus spp.	1.190,07	Helleborus spp.	9,29	Philadelphus spp.	131,94	Sambucus spp.	1.095,09
Aloysia spp.	0,19	Cortaderia spp.	227,98	Hibiscus spp.	132,81	Phillyrea spp.	8,75	Sinarundinaria spp.	15,16
Amarillis spp.	0,56	Corylus spp.	672,73	Hydrangea spp.	30,88	Phlomis spp.	2,26	Skimmia spp.	10,09
Arundinaria spp.	45,72	Cotinus spp.	46,83	Hypericum spp.	733,21	Phoenix spp.	0,56	Solanum spp.	32,11
Arundo spp.	3,84	Cotoneaster spp.	3.975,18	Ilex spp.	422,05	Phornium spp.	128,32	Sorbus spp.	33,30
Aucuba spp.	142,47	Crataegus spp.	187,49	Iris spp.	273,49	Photinia spp.	98,08	Spartium spp.	18,48
Azalea spp.	540,64	Cryptomeria spp.	11,09	Jasminum spp.	1,26	Phragmites spp.	55,05	Spiraea spp.	687,03
Bambusa spp.	331,88	Cupressus spp.	173,70	Juglans spp.	4,42	Phyllostachys spp.	43,60	Symphoricarpus spp.	180,00
Berberis spp.	821,04	Cyperus spp.	1,97	Juniperus spp.	548,59	Picea spp.	16,01	Syringa spp.	119,83
Bergenia spp.	2,60	Cytisus spp.	1,06	Kolkwitzia spp.	17,56	Pinus spp.	52,42	Tamarix spp.	292,64
Biota spp.	16,47	Dahlia spp.	3,97	Lagerstroemia spp.	163,70	Pittosporum spp.	161,98	Taxus spp.	405,10
Buddleia spp.	129,97	Daphne spp.	2,21	Laurus spp.	181,01	Plumbago spp.	5,48	Teucrium spp.	14,53
Buxus spp.	2.222,11	Deutzia spp.	173,23	Lavandula spp.	535,15	Populus spp.	393,87	Thuja spp.	160,96
Calocedrus spp.	2,51	Elaeagnus spp.	243,03	Ligustrum spp.	1.500,28	Potentilla spp.	9,27	Thymus spp.	5,54
Camellia spp.	38,22	Erica spp.	11,92	Lilium spp.	8,91	Prunus spp.	2.554,21	Ulex spp.	536,57
Campsis spp.	4,19	Eriobotrya spp.	5,14	Lonicera spp.	318,79	Pseudotsuga spp.	55,68	Ulmus spp.	707,55
Canna spp.	1,18	Escallonia spp.	396,58	Magnolia spp.	21,22	Punica spp.	15,11	Viburnum spp.	2.026,30
Carex spp.	1,41	Especie spp.	1.808,67	Mahonia spp.	112,08	Pyracantha spp.	1.289,57	Vinca spp.	9,23
Ceanothus spp.	249,62	Euonymus spp.	1.043,32	Malus spp.	27,10	Pyrus spp.	4,25	Vitis spp.	33,28
Celtis spp.	22,27	Fatsia spp.	6,93	Malva spp.	12,35	Quercus spp.	40,94	Weigela spp.	60,46
Chaenomeles spp.	121,33	Festuca spp.	4,09	Nandina spp.	30,97	Rhamnus spp.	95,55	Wisteria spp.	3,18
Chamaecyparis spp.	101,38	Ficus spp.	45,81	Nerium spp.	166,91	Ribes spp.	3,52	Yucca spp.	84,38
Chamaerops spp.	7,17	Forsythia spp.	340,43	Origanum spp.	8,48	Robinia spp.	33,55	Zantedeschia spp.	41,14
								Sin determinar	5.904,45

1.6. Masas arbóreas

Las masas arbóreas son un conjunto de árboles que han salido en el medio de forma natural. Estas ocupan una superficie de 385.040 m².



Figura 6. Masas arbóreas en el Parque Fluvial, a su paso por la Rochapea. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, se observan aquellas zonas con mayor superficie ocupada por masas arbóreas. Estas se encuentran principalmente en las riberas de los ríos.

Tabla 7. Superficies de masas arbóreas naturales distribuidas por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Superficie (m ²)
A	Berichitos	27.937,49
A	Chantrea	112.095,78
A	Ermitagaña-Mendebaldea	33.935,67
A	Landaben	17.944,39
A	Rochapea	21.572,76
A	San Jorge	7.044,66
A	San Juan	14.865,30
A	Trinitarios	8.155,88
B	Aranzadi	23.655,67
B	Beloso	46.893,49
B	Casco Viejo	61.778,78
B	Lezkairu	145,18
B	Primer y Segundo Ensanche	9.014,95
TOTAL		385.040,00

En Pamplona hay una gran variedad de géneros, siendo el *Populus spp.* el más abundante (Tabla 8).

Tabla 8. Géneros de masas arbóreas presentes en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRUSKAN (2020).

Género	Superficie (m ²)	Nº de árboles estimados
Abelia spp.	7.640,80	192
Acer spp.	1.050,35	59
Aesculus spp.	1.289,31	96
Cedrus spp.	5.591,30	141
Cupressocyparis spp.	72,69	5
Cupressus spp.	653,41	17
Cydonia spp.	8,77	9
Fraxinus spp.	4.113,09	279
Juglans spp.	6,64	7
Ostrya spp.	1.295,26	33
Pinus spp.	26.454,09	687
Plantanus spp.	4.230,39	131
Plumbago spp.	45,61	12
Populus spp.	238.447,85	6.223
Robinia spp.	4.380,20	135
Salix spp.	13.477,50	581
Sin determinar	7.043,96	186
Ulmus spp.	69.238,78	2.141
TOTAL	385.040,00	10.934

1.7. Unidades de árboles

Al contrario que en el apartado anterior, estos árboles han sido plantados, y se cuentan por unidades. En Pamplona hay un total de 63.962 árboles plantados, que se encuentran distribuidos por toda la ciudad (parques y jardines, y viario).

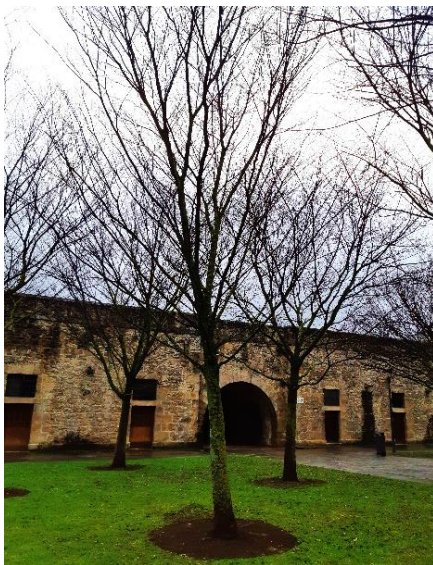


Figura 7. Árboles de la especie *Zelkova serrata*, situados en el Parque de la Ciudadela. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Árbol de la especie *Acer pseudoplatanus*, situado en la Plaza los Ajos. Fuente: Elaboración propia.

La Chantrea, seguida muy de cerca por Mendillorri, son las zonas con mayor cantidad de árboles plantados, 6.320 y 6.151 unidades respectivamente (Tabla 9). En la Tabla 10 se muestra la gran variedad de géneros presentes por la ciudad.

Tabla 9. Número de árboles plantados distribuidos por zonas de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Nº de árboles
A	Berichitos	2.705
A	Chantrea	6.320
A	Ermitagaña-Mendebaldea	5.541
A	Etxabakoiz	1.686
A	Euntzetxiki	2.507
A	Irunlarrea	167
A	Landaben	800
A	Rochapea	5.359
A	San Jorge	2.893
A	San Juan	3.830
A	Santa Lucía	1.013
A	Trinitarios	882
B	Acella	388
B	Aranzadi	2.319
B	Arrosadia	672
B	Beloso	1.322
B	Casco Viejo	1.642
B	Ciudadela-Taconera	3.555
B	Donapea	472
B	Iturrama	3.831
B	Lezkairu	3.378
B	Mendillorri	6.151
B	Milagrosa	3.359
B	Primer y Segundo Ensanche	3.156
B	Sadar	14
TOTAL		63.962

Tabla 10. Géneros de los árboles plantados en las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Género	Nº de árboles	Género	Nº de árboles	Género	Nº de árboles
Abies spp.	265	Euonymus spp.	1	Pinus spp.	535
Acer spp.	13.195	Fagus spp.	445	Pistacia spp.	26
Aesculus spp.	1.791	Feijoa spp.	5	Pittosporum spp.	12
Ailanthus spp.	172	Ficus spp.	33	Platanus spp.	3.612
Albizia spp.	325	Firmiana spp.	37	Plumbago spp.	5
Alnus spp.	466	Forsythia spp.	2	Podranea spp.	3
Amelanchier spp.	26	Fraxinus spp.	3.986	Populus spp.	3.469
Araucaria spp.	6	Ginkgo spp.	579	Prunus spp.	4.559
Arbutus spp.	25	Gleditsia spp.	125	Pseudotsuga spp.	18
Aucuba spp.	1	Grevillea spp.	3	Pterocarya spp.	24
Betula spp.	1.102	Hibiscus spp.	173	Punica spp.	28
Biota spp.	4	Ilex spp.	149	Pyracantha spp.	5
Broussonetia spp.	2	Juglans spp.	430	Pyrus spp.	256
Buddleia spp.	1	Juniperus spp.	16	Quercus spp.	1.770
Butia spp.	6	Koelreuteria spp.	1.115	Rhus spp.	1
Buxus spp.	4	Laburnum spp.	2	Robinia spp.	1.194
Callistemon spp.	5	Lagerstroemia spp.	405	Salix spp.	637
Calocedrus spp.	184	Larix spp.	3	Sambucus spp.	18
Carpinus spp.	1.563	Laurus spp.	26	Sequoia spp.	60
Catalpa spp.	353	Ligustrum spp.	1.153	Sequoiadendron spp.	101
Cedrus spp.	767	Liquidambar spp.	424	Sophora spp.	262
Celtis spp.	2.124	Liriodendron spp.	1.311	Sorbus spp.	1.118
Chamaecyparis spp.	162	Maclura spp.	26	Spiraea spp.	7
Chamaerops spp.	30	Magnolia spp.	542	Syringa spp.	2
Chitalpa spp.	92	Malus spp.	137	Tamarix spp.	74
Cinnamomum spp.	14	Melia spp.	17	Taxodium spp.	38
Clerodendrum spp.	1	Mespilus spp.	43	Taxus spp.	129
Cordylina spp.	18	Metasequoia spp.	6	Tetraclinis spp.	5
Cornus spp.	24	Morus spp.	520	Thuja spp.	69
Corylus spp.	256	Nerium spp.	5	Tilia spp.	2.933
Cotinus spp.	2	Nyssa spp.	4	Trachycarpus spp.	140
Cotoneaster spp.	6	Olea spp.	44	Ulex spp.	1
Crataegus spp.	153	Osmanthus spp.	17	Ulmus spp.	615
Cryptomeria spp.	2	Ostrya spp.	246	Viburnum spp.	7
Cupressocyparis spp.	66	Parrotia spp.	852	Vinca spp.	1
Cupressus spp.	1.166	Parthenocissus spp.	1	Vitis spp.	1
Cydonia spp.	31	Paulownia spp.	10	Washingtonia spp.	3
Davidia spp.	3	Phillyrea spp.	1	Wisteria spp.	3
Diospyros spp.	80	Phoenix spp.	13	Yucca spp.	5
Elaeagnus spp.	4	Phornium spp.	4	Zelkova spp.	774
Eriobotrya spp.	11	Photinia spp.	12	Zizipus spp.	3
Eucalyptus spp.	21	Picea spp.	497	Sin determinar	3.490
				TOTAL	63.962

1.8. Unidades de arbustos

Por último, este grupo se corresponde con el número de arbustos distribuidos por toda la ciudad (parques y jardines y viario). En total hay 3.241 unidades.



Figura 9. Arbustos ubicados en la calle Navas de Tolosa. Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 11, la superficie destinada a unidades de arbustos es muy reducida. La zona con mayor cantidad de arbustos es la Milagrosa, seguida por San Juan, con 327 y 321 unidades respectivamente. En la Tabla 12 se muestra la gran variedad de géneros presentes por la ciudad.

Tabla 11. Unidades de arbustos distribuidos por las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Distrito	Zona	Nº de arbustos
A	Berichitos	210
A	Chantrea	176
A	Ermitagaña-Mendebalde	257
A	Etxabakoiz	17
A	Euntzetxiki	171
A	Irunlarrea	9
A	Landaben	98
A	Rochapea	126
A	San Jorge	96
A	San Juan	321
A	Santa Lucía	59
A	Trinitarios	97
B	Acella	3
B	Arantzadi	30
B	Arrosadia	15
B	Beloso	38
B	Casco Viejo	81
B	Ciudadela-Taconera	422
B	Iturrama	141
B	Lezkairu	48
B	Mendillorri	146
B	Milagrosa	327
B	Primer y Segundo Ensanche	313
B	Sadar	40
TOTAL		3.241

Tabla 12. Géneros de arbustos distribuidos por las zonas verdes de Pamplona. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IRUSKAN (2020).

Género	Nº arbustos	Género	Nº arbustos	Género	Nº arbustos
Abelia spp.	46	Especie spp.	13	Parthenocissus spp.	6
Acer spp.	23	Euonymus spp.	116	Passiflora spp.	6
Arbol spp.	19	Falta spp.	21	Perowskia spp.	4
Arbustos spp.	1	Festuca spp.	2	Philadelphus spp.	15
Aucuba spp.	14	Forsythia spp.	62	Phornium spp.	118
Azalea spp.	7	Genista spp.	1	Photinia spp.	37
Bambusa spp.	2	Gynerium spp.	3	Picea spp.	11
Berberis spp.	5	Hamamelis spp.	3	Pittosporum spp.	5
Buddleia spp.	7	Hebe spp.	3	Potentilla spp.	5
Buxus spp.	180	Hibiscus spp.	122	Prunus spp.	116
Camellia spp.	59	Hydrangea spp.	29	Punica spp.	16
Campsis spp.	13	Hypericum spp.	41	Pyracantha spp.	7
Ceanothus spp.	13	Ilex spp.	81	Quercus spp.	1
Chaenomeles spp.	1	Juniperus spp.	13	Rhododendron spp.	9
Chamaecyparis spp.	2	Kerria spp.	9	Rhus spp.	9
Chamaerops spp.	1	Kolkwitzia spp.	3	Rosa spp.	217
Cistus spp.	15	Lagerstroemia spp.	96	Rosmarinus spp.	38
Cornus spp.	101	Laurus spp.	44	Salix spp.	57
Cortaderia spp.	2	Lavandula spp.	58	Sambucus spp.	1
Corylus spp.	69	Ligustrum spp.	11	Spiraea spp.	66
Cotinus spp.	6	Lonicera spp.	18	Stewartia spp.	5
Cotoneaster spp.	45	Loropetalum spp.	1	Syringa spp.	28
Crataegus spp.	32	Magnolia spp.	16	Tamarix spp.	12
Cupressocyparis spp.	43	Mahonia spp.	100	Taxus spp.	228
Davidia spp.	3	Malus spp.	1	Thuja spp.	9
Deutzia spp.	45	Marra spp.	152	Toc spp.	2
Dicentra spp.	1	Mespilus spp.	1	Trachelospermum spp.	8
Elaeagnus spp.	11	Myrtus spp.	5	Viburnum spp.	187
Eremurus spp.	2	Nandina spp.	40	Vitex spp.	1
Erica spp.	1	Nerium spp.	9	Wisteria spp.	13
Erigeron spp.	4	Olea spp.	2	Yucca spp.	1
Escallonia spp.	33	Osmanthus spp.	13	Sin determinar	105
		Paeonia spp.	3	TOTAL	3.241

ANEXO 3

CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	3
1. Cálculo de la huella hídrica en zonas verdes urbanas	8
1.1. Cálculo de la necesidades hídricas y necesidades de riego	8
1.2. Cálculo de consumo teórico de agua.....	15
1.2.1. Hipótesis 1: No se consideran las necesidades de riego de árboles y arbustos	15
1.2.1.1. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona	15
1.2.1.2. Consumo teórico de agua del Parque Vuelta del Castillo.....	18
1.2.1.3. Consumo teórico de agua del Parque Yamaguchi	20
1.2.1.4. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo	23
1.2.2. Hipótesis 2: Se consideran las necesidades de riego de árboles y arbustos	25
1.2.2.1. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona	25
1.2.2.2. Consumo teórico de agua del Parque Vuelta del Castillo.....	28
1.2.2.3. Consumo teórico de agua del Parque Yamaguchi	30
1.2.2.4. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para la media de los últimos 15 años. Fuente: CROPWAT 8.0.	9
Tabla 2. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para la media de los últimos 15 años. Fuente: CROPWAT 8.0.	9
Tabla 3. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para la media de los últimos 15 años.	9
Tabla 4. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para la media de los últimos 15 años.	9
Tabla 5. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para el año 2015. Fuente: CROPWAT 8.0.	10
Tabla 6. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2015. Fuente: CROPWAT 8.0.	10
Tabla 7. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2015.	10
Tabla 8. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2015.	10
Tabla 9. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para el año 2016. Fuente: CROPWAT 8.0.	11
Tabla 10. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2016. Fuente: CROPWAT 8.0.	11
Tabla 11. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2016.	11
Tabla 12. Necesidades de riego según el tipo de vegetación, expresadas en mm/mes, para el año 2016.	11
Tabla 13. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para el año 2017. Fuente: CROPWAT 8.0.	12
Tabla 14. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2017. Fuente: CROPWAT 8.0.	12
Tabla 15. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2017.	12
Tabla 16. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2017.	12
Tabla 17. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para el año 2018. Fuente: CROPWAT 8.0.	13
Tabla 18. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2018. Fuente: CROPWAT 8.0.	13
Tabla 19. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2018.	13

Tabla 20. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2018.....	13
Tabla 21. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o), expresada en mm/día, para el año 2019. Fuente: CROPWAT 8.0.....	14
Tabla 22. Cálculo de la precipitación efectiva (P _{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2019. Fuente: CROPWAT 8.0.	14
Tabla 23. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2019.....	14
Tabla 24. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2019.....	14
Tabla 25. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.....	15
Tabla 26. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.	16
Tabla 27. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2015, según la Hipótesis 1.	16
Tabla 28. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2016, según la Hipótesis 1.	16
Tabla 29. Huella hídrica azul y huella hídrica verde para el año 2017 del total de los zonas verdes, según la Hipótesis 1.	16
Tabla 30. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2018, según la Hipótesis 1.	17
Tabla 31. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2019, según la Hipótesis 1.	17
Tabla 32. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	18
Tabla 33. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 34. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2015, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 35. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2016, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 36. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2017, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 37. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2018, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 38. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2019, según la Hipótesis 1.	19
Tabla 39. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.....	20

Tabla 40. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.	21
Tabla 41. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2015, según la Hipótesis 1.	21
Tabla 42. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2016, según la Hipótesis 1.	21
Tabla 43. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2017, según la Hipótesis 1.	21
Tabla 44. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2018, según la Hipótesis 1.	22
Tabla 45. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2019, según la Hipótesis 1.	22
Tabla 46. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.	23
Tabla 47. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 48. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2015, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 49. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2016, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 50. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2017, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 51. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2018, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 52. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2019, según la Hipótesis 1.	24
Tabla 53. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes de Pamplona, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.	25
Tabla 54. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.	26
Tabla 55. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2015, según la Hipótesis 2.	26
Tabla 56. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2016, según la Hipótesis 2.	26
Tabla 57. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2017, según la Hipótesis 2.	26
Tabla 58. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2018, según la Hipótesis 2.	27
Tabla 59. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2019, según la Hipótesis 2.	27

Tabla 60. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.	28
Tabla 61. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 62. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2015, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 63. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2016, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 64. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2017, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 65. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2018, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 66. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2019, según la Hipótesis 2.	29
Tabla 67. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.	30
Tabla 68. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 69. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2015, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 70. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2016, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 71. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2017, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 72. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2018, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 73. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2019, según la Hipótesis 2.	31
Tabla 74. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.	32
Tabla 75. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.	33
Tabla 76. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2015, según la Hipótesis 2.	33
Tabla 77. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2016, según la Hipótesis 2.	33
Tabla 78. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2017, según la Hipótesis 2.	33
Tabla 79. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2018, según la Hipótesis 2.	33

Tabla 80. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2019, según la Hipótesis 2.33

1. Cálculo de la huella hídrica en zonas verdes urbanas

Como se ha descrito anteriormente, la huella hídrica es un indicador del volumen de agua dulce utilizada de forma directa como indirecta en las actividades humanas (Hoekstra et al., 2011). En este caso, este indicador se ha calculado para conocer el consumo teórico de agua en las zonas verdes públicas de Pamplona.

La huella hídrica de las zonas verdes urbanas se corresponde con las necesidades hídricas del jardín. Estas necesidades hídricas coinciden con la evapotranspiración de jardín (ETL), ya que la misma cantidad de agua que se pierde por la evaporación y transpiración de las plantas, debe ser repuesta de forma natural (agua de lluvia) o de forma artificial (agua de riego).

$$\text{Necesidades hídricas del jardín} \rightarrow ETL \rightarrow \text{Huella hídrica} \quad (1)$$

$$ETL = ETo \times Kc \rightarrow \text{Necesidades hídricas} \quad (2)$$

Según de dónde provenga el agua que satisface las necesidades hídricas de las zonas verdes, la huella hídrica se divide en huella hídrica azul (consumo teórico de agua azul) y huella hídrica verde (consumo teórico de agua verde).

La huella hídrica azul es un indicador de consumo de los recursos de agua azul (aguas superficiales y subterráneas), a lo largo de la cadena de valor de las actividades humanas. En este caso la huella hídrica azul se corresponde con el consumo de agua de riego (necesidades de agua de riego de las zonas verdes) (3).

$$\text{Necesidades de riego} \rightarrow Nn = ETL - Pef \rightarrow \text{Huella hídrica azul} \quad (3)$$

Por otro lado, la huella hídrica verde es un indicador de consumo de recursos de agua verde (agua de lluvia que no se pierde por escorrentía), a lo largo de la cadena de valor de las actividades humanas. En este caso la huella hídrica verde se corresponde con el consumo de agua de lluvia (diferencia entre las necesidades hídricas del jardín y las necesidades de agua de riego de las zonas verdes) (4).

$$ETL - Nn \rightarrow \text{Huella hídrica verde} \quad (4)$$

A continuación, se detallan todos los cálculos realizados para conocer la huella hídrica del total de las zonas verdes de Pamplona, así como para los 3 parques analizados. En la Memoria, en el *Apartado 2.2. Método de cálculo de la huella hídrica en zonas verdes urbanas*, se explica la metodología de cálculo.

1.1. Cálculo de la necesidades hídricas y necesidades de riego

Primero se ha calculado la evapotranspiración de referencia (ETo) y la precipitación efectiva (Pef) a partir del programa CROPWAT 8.0., desarrollado por la FAO. La ETo se ha multiplicado por el coeficiente de jardín (KL) y se ha obtenido la evapotranspiración de jardín (ETL) (que equivale a las necesidades hídricas del jardín). Por último, se han calculado las necesidades de riego restando la evapotranspiración de jardín (ETL) menos la precipitación efectiva (Pef).

En las tablas siguientes, se muestran los resultados obtenidos de las necesidades hídricas (ETL) y de las necesidades de riego (Nn), para los últimos 5 años y para la media de los últimos 15 años (Anexo 1).

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DE LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS

Tabla 1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo), expresada en mm/día, para la media de los últimos 15 años. Fuente: CROPWAT 8.0.

País <input type="text" value="SPAIN"/>		Estación <input type="text" value="UPNA (ETSIA)_15 AÑOS"/>					
Altitud <input type="text" value="433"/> m.	Latitud <input type="text" value="42.79"/> °N		Longitud <input type="text" value="1.63"/> °W				
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	0.9	8.9	80	151	3.3	5.8	0.72
Febrero	0.8	10.2	73	202	4.6	8.9	1.25
Marzo	3.0	13.8	68	212	5.8	13.0	2.05
Abril	5.6	17.0	68	196	6.5	16.8	2.80
Mayo	8.2	20.2	67	199	7.3	19.8	3.56
Junio	11.8	25.1	65	194	8.5	22.2	4.51
Julio	14.2	27.7	62	214	9.4	23.1	5.15
Agosto	13.9	27.7	62	199	9.0	20.7	4.71
Septiembre	11.3	24.3	66	168	7.4	15.8	3.32
Octubre	8.3	19.9	70	175	5.5	10.5	2.15
Noviembre	4.5	12.9	77	169	3.5	6.3	1.12
Diciembre	1.1	9.7	80	137	3.4	5.3	0.67
Promedio	7.0	18.1	70	185	6.2	14.0	2.67

Tabla 2. Cálculo de la precipitación efectiva (Pef), expresada en mm/mes, para la media de los últimos 15 años. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación <input type="text" value="UPNA (ETSIA)_15 AÑOS"/>	Método Prec. Ef <input type="text" value="Método USDA S.C."/>	
	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	92.4	78.7
Febrero	78.3	68.5
Marzo	79.7	69.5
Abril	66.6	59.5
Mayo	58.4	52.9
Junio	51.3	47.1
Julio	21.4	20.7
Agosto	20.5	19.8
Septiembre	34.8	32.9
Octubre	43.6	40.6
Noviembre	95.1	80.6
Diciembre	54.5	49.7
Total	696.6	620.6

Tabla 3. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para la media de los últimos 15 años.

Mes	Días	ETo (mm)	ETL (mm)							
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	31	22,32	21,43	21,43	18,75	13,39	14,51	15,62	15,62	14,51
Febrero	28	35,00	33,60	33,60	29,40	21,00	22,75	24,50	24,50	22,75
Marzo	31	63,55	61,01	61,01	53,38	38,13	41,31	44,49	44,49	41,31
Abril	30	84,00	80,64	80,64	70,56	50,40	54,60	58,80	58,80	54,60
Mayo	31	110,36	105,95	105,95	92,70	66,22	71,73	77,25	77,25	71,73
Junio	30	135,30	129,89	129,89	113,65	81,18	87,95	94,71	94,71	87,95
Julio	31	159,65	153,26	153,26	134,11	95,79	103,77	111,76	111,76	103,77
Agosto	31	146,01	140,17	140,17	122,65	87,61	94,91	102,21	102,21	94,91
Septiembre	30	99,60	95,62	95,62	83,66	59,76	64,74	69,72	69,72	64,74
Octubre	31	66,65	63,98	63,98	55,99	39,99	43,32	46,66	46,66	43,32
Noviembre	30	33,60	32,26	32,26	28,22	20,16	21,84	23,52	23,52	21,84
Diciembre	31	20,77	19,94	19,94	17,45	12,46	13,50	14,54	14,54	13,50

Tabla 4. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para la media de los últimos 15 años.

Mes	Pef (mm)	ETL - Pef (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	78,70	-57,27	-57,27	-59,95	-65,31	-64,19	-63,08	-63,08	-64,19
Febrero	68,50	-34,90	-34,90	-39,10	-47,50	-45,75	-44,00	-44,00	-45,75
Marzo	69,50	-8,49	-8,49	-16,12	-31,37	-28,19	-25,02	-25,02	-28,19
Abril	59,50	21,14	21,14	11,06	-9,10	-4,90	-0,70	-0,70	-4,90
Mayo	52,90	53,05	53,05	39,80	13,32	18,83	24,35	24,35	18,83
Junio	47,10	82,79	82,79	66,55	34,08	40,85	47,61	47,61	40,85
Julio	20,60	132,66	132,66	113,51	75,19	83,17	91,16	91,16	83,17
Agosto	19,80	120,37	120,37	102,85	67,81	75,11	82,41	82,41	75,11
Septiembre	32,90	62,72	62,72	50,76	26,86	31,84	36,82	36,82	31,84
Octubre	40,60	23,38	23,38	15,39	-0,61	2,72	6,05	6,05	2,72
Noviembre	80,60	-48,34	-48,34	-52,38	-60,44	-58,76	-57,08	-57,08	-58,76
Diciembre	49,70	-29,76	-29,76	-32,25	-37,24	-36,20	-35,16	-35,16	-36,20

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DEL AÑO 2015

Tabla 5. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o), expresada en mm/día, para el año 2015. Fuente: CROPWAT 8.0.

Country

Station

Altitude m.

Latitude

Longitude

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	0.3	9.5	78	147	3.3	5.8	0.80
February	0.7	7.4	77	196	3.5	7.8	1.00
March	3.9	13.8	70	194	5.0	12.1	1.89
April	5.8	18.5	61	181	7.4	17.9	3.15
May	9.4	20.9	64	229	7.2	19.7	3.83
June	13.0	26.4	65	191	9.8	24.0	4.85
July	16.0	29.0	61	222	9.7	23.3	5.47
August	14.2	28.0	60	171	8.7	20.4	4.68
September	9.9	21.7	67	168	7.3	15.7	3.07
October	8.4	18.5	70	161	4.7	9.7	1.93
November	5.6	14.9	82	125	3.8	6.6	0.97
December	2.3	11.7	85	73	3.5	5.4	0.54
Average	7.4	18.4	70	172	6.2	14.0	2.68

Tabla 6. Cálculo de la precipitación efectiva (P_{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2015. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación	UPNA (ETSI A)_2015		Método Prec. Ef	Método USDA S.C.
	Precipit.	Prec. efec		
	mm	mm		
Enero	132.9	104.6		
Febrero	220.8	142.8		
Marzo	81.9	71.2		
Abril	21.3	20.6		
Mayo	5.0	5.0		
Junio	94.7	80.4		
Julio	37.7	35.4		
Agosto	45.9	42.5		
Septiembre	8.4	8.3		
Octubre	2.6	2.6		
Noviembre	89.2	76.5		
Diciembre	0.4	0.4		
Total	740.8	590.2		

Tabla 7. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2015.

Mes	Días	ET _o (mm)	ETL (mm)							
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	31	24,80	23,81	23,81	20,83	14,88	16,12	17,36	17,36	16,12
Febrero	28	28,00	26,88	26,88	23,52	16,80	18,20	19,60	19,60	18,20
Marzo	31	58,59	56,25	56,25	49,22	35,15	38,08	41,01	41,01	38,08
Abril	30	94,50	90,72	90,72	79,38	56,70	61,43	66,15	66,15	61,43
Mayo	31	118,73	113,98	113,98	99,73	71,24	77,17	83,11	83,11	77,17
Junio	30	145,50	139,68	139,68	122,22	87,30	94,58	101,85	101,85	94,58
Julio	31	169,57	162,79	162,79	142,44	101,74	110,22	118,70	118,70	110,22
Agosto	31	145,08	139,28	139,28	121,87	87,05	94,30	101,56	101,56	94,30
Septiembre	30	92,10	88,42	88,42	77,36	55,26	59,87	64,47	64,47	59,87
Octubre	31	59,83	57,44	57,44	50,26	35,90	38,89	41,88	41,88	38,89
Noviembre	30	29,10	27,94	27,94	24,44	17,46	18,92	20,37	20,37	18,92
Diciembre	31	16,74	16,07	16,07	14,06	10,04	10,88	11,72	11,72	10,88

Tabla 8. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (N_n), expresadas en mm/mes, para el año 2015.

Mes	P _{ef} (mm)	ETL - P _{ef} (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	104,60	-80,79	-80,79	-83,77	-89,72	-88,48	-87,24	-87,24	-88,48
Febrero	142,80	-115,92	-115,92	-119,28	-126,00	-124,60	-123,20	-123,20	-124,60
Marzo	71,20	-14,95	-14,95	-21,98	-36,05	-33,12	-30,19	-30,19	-33,12
Abril	20,60	70,12	70,12	58,78	36,10	40,83	45,55	45,55	40,83
Mayo	5,00	108,98	108,98	94,73	66,24	72,17	78,11	78,11	72,17
Junio	80,40	59,28	59,28	41,82	6,90	14,18	21,45	21,45	14,18
Julio	35,40	127,39	127,39	107,04	66,34	74,82	83,30	83,30	74,82
Agosto	42,50	96,78	96,78	79,37	44,55	51,80	59,06	59,06	51,80
Septiembre	8,30	80,12	80,12	69,06	46,96	51,57	56,17	56,17	51,57
Octubre	2,60	54,84	54,84	47,66	33,30	36,29	39,28	39,28	36,29
Noviembre	76,50	-48,56	-48,56	-52,06	-59,04	-57,59	-56,13	-56,13	-57,59
Diciembre	0,40	15,67	15,67	13,66	9,64	10,48	11,32	11,32	10,48

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DEL AÑO 2016

Tabla 9. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo), expresada en mm/día, para el año 2016. Fuente: CROPWAT 8.0.

Country	SPAIN		Station	UPNA (ETSIA) 2016				
Altitude	433	m.	Latitude	42.79	°N	Longitude	1.63	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day	
January	3.2	10.4	81	117	2.7	5.4	0.67	
February	1.9	11.0	75	187	4.1	8.4	1.24	
March	2.9	11.3	73	203	4.4	11.5	1.69	
April	4.9	15.1	66	252	5.9	16.0	2.73	
May	8.5	19.7	66	235	6.8	19.2	3.58	
June	11.6	24.2	64	200	8.3	21.9	4.42	
July	14.3	27.4	62	225	9.6	23.2	5.16	
August	14.4	28.9	55	216	10.2	22.3	5.34	
September	12.2	26.1	63	156	7.4	15.8	3.53	
October	7.2	19.9	71	127	6.2	11.1	2.00	
November	4.4	12.5	78	134	3.0	6.0	1.00	
December	0.8	10.0	88	71	3.4	5.3	0.43	
Average	7.2	18.1	70	177	6.0	13.8	2.65	

Tabla 10. Cálculo de la precipitación efectiva (Pef), expresada en mm/mes, para el año 2016. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación	UPNA (ETSIA)_2016		Método Prec. Ef	Método USDA S.C.
	Precipit.	Prec. efec		
	mm	mm		
Enero	85.9	74.1		
Febrero	112.4	92.2		
Marzo	124.3	99.6		
Abril	34.8	32.9		
Mayo	37.9	35.6		
Junio	20.4	19.7		
Julio	33.1	31.3		
Agosto	3.0	3.0		
Septiembre	20.6	19.9		
Octubre	3.4	3.4		
Noviembre	78.8	68.9		
Diciembre	3.4	3.4		
Total	558.0	483.9		

Tabla 11. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2016.

Mes	Días	ETo (mm)	ETL (mm)							
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	31	20,77	19,94	19,94	17,45	12,46	13,50	14,54	14,54	13,50
Febrero	29	35,96	34,52	34,52	30,21	21,58	23,37	25,17	25,17	23,37
Marzo	31	52,39	50,29	50,29	44,01	31,43	34,05	36,67	36,67	34,05
Abril	30	81,90	78,62	78,62	68,80	49,14	53,24	57,33	57,33	53,24
Mayo	31	110,98	106,54	106,54	93,22	66,59	72,14	77,69	77,69	72,14
Junio	30	132,60	127,30	127,30	111,38	79,56	86,19	92,82	92,82	86,19
Julio	31	159,96	153,56	153,56	134,37	95,98	103,97	111,97	111,97	103,97
Agosto	31	165,54	158,92	158,92	139,05	99,32	107,60	115,88	115,88	107,60
Septiembre	30	105,90	101,66	101,66	88,96	63,54	68,84	74,13	74,13	68,84
Octubre	31	62,00	59,52	59,52	52,08	37,20	40,30	43,40	43,40	40,30
Noviembre	30	30,00	28,80	28,80	25,20	18,00	19,50	21,00	21,00	19,50
Diciembre	31	13,33	12,80	12,80	11,20	8,00	8,66	9,33	9,33	8,66

Tabla 12. Necesidades de riego según el tipo de vegetación, expresadas en mm/mes, para el año 2016.

Mes	Pef (mm)	ETL - Pef (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	74,10	-54,16	-54,16	-56,65	-61,64	-60,60	-59,56	-59,56	-60,60
Febrero	92,20	-57,68	-57,68	-61,99	-70,62	-68,83	-67,03	-67,03	-68,83
Marzo	99,60	-49,31	-49,31	-55,59	-68,17	-65,55	-62,93	-62,93	-65,55
Abril	32,90	45,72	45,72	35,90	16,24	20,34	24,43	24,43	20,34
Mayo	35,60	70,94	70,94	57,62	30,99	36,54	42,09	42,09	36,54
Junio	19,70	107,60	107,60	91,68	59,86	66,49	73,12	73,12	66,49
Julio	31,30	122,26	122,26	103,07	64,68	72,67	80,67	80,67	72,67
Agosto	3,00	155,92	155,92	136,05	96,32	104,60	112,88	112,88	104,60
Septiembre	19,90	81,76	81,76	69,06	43,64	48,94	54,23	54,23	48,94
Octubre	3,40	56,12	56,12	48,68	33,80	36,90	40,00	40,00	36,90
Noviembre	68,90	-40,10	-40,10	-43,70	-50,90	-49,40	-47,90	-47,90	-49,40
Diciembre	3,40	9,40	9,40	7,80	4,60	5,26	5,93	5,93	5,26

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DEL AÑO 2017

Tabla 13. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto), expresada en mm/día, para el año 2017. Fuente: CROPWAT 8.0.

Country	SPAIN			Station	UPNA (ETSI) 2017			
Altitude	433	m.	Latitude	42.79	°N	Longitude	1.63	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day	
January	-0.8	8.4	72	170	4.6	6.7	0.85	
February	1.9	13.5	73	193	4.9	9.1	1.38	
March	3.8	16.4	69	178	6.5	13.8	2.20	
April	3.6	18.2	61	198	9.4	20.6	3.36	
May	8.7	23.4	64	140	8.3	21.2	3.86	
June	13.8	27.6	65	178	8.6	22.3	4.79	
July	14.9	27.8	60	231	9.3	22.9	5.35	
August	13.8	27.9	63	181	8.4	19.9	4.57	
September	9.8	22.0	69	142	7.1	15.5	2.90	
October	7.8	21.8	70	130	6.6	11.6	2.13	
November	2.5	13.1	74	140	4.6	7.2	1.12	
December	1.2	8.8	81	133	3.0	5.0	0.63	
Average	6.8	19.1	68	168	6.8	14.6	2.76	

Tabla 14. Cálculo de la precipitación efectiva (Pef), expresada en mm/mes, para el año 2017. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación <input type="text" value="UPNA (ETSI) 2017"/>	Método Prec. Ef <input type="text" value="Método USDA S.C."/>	
	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	114.5	93.5
Febrero	60.3	54.5
Marzo	68.4	60.9
Abril	20.8	20.1
Mayo	37.4	35.2
Junio	45.8	42.4
Julio	10.0	9.8
Agosto	28.3	27.0
Septiembre	29.4	28.0
Octubre	9.2	9.1
Noviembre	51.8	47.5
Diciembre	114.8	93.7
Total	590.7	521.8

Tabla 15. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2017.

Mes	Días	Eto (mm)	ETL (mm)						
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles
Enero	31	26,35	25,30	25,30	22,13	15,81	17,13	18,45	17,13
Febrero	28	38,64	37,09	37,09	32,46	23,18	25,12	27,05	25,12
Marzo	31	68,20	65,47	65,47	57,29	40,92	44,33	47,74	44,33
Abril	30	100,80	96,77	96,77	84,67	60,48	65,52	70,56	65,52
Mayo	31	119,66	114,87	114,87	100,51	71,80	77,78	83,76	77,78
Junio	30	143,70	137,95	137,95	120,71	86,22	93,41	100,59	93,41
Julio	31	165,85	159,22	159,22	139,31	99,51	107,80	116,10	107,80
Agosto	31	141,67	136,00	136,00	119,00	85,00	92,09	99,17	92,09
Septiembre	30	87,00	83,52	83,52	73,08	52,20	56,55	60,90	56,55
Octubre	31	66,03	63,39	63,39	55,47	39,62	42,92	46,22	42,92
Noviembre	30	33,60	32,26	32,26	28,22	20,16	21,84	23,52	21,84
Diciembre	31	19,53	18,75	18,75	16,41	11,72	12,69	13,67	12,69

Tabla 16. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2017.

Mes	Pef (mm)	ETL - Pef (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	93,50	-68,20	-68,20	-71,37	-77,69	-76,37	-75,06	-75,06	-76,37
Febrero	54,50	-17,41	-17,41	-22,04	-31,32	-29,38	-27,45	-27,45	-29,38
Marzo	60,90	4,57	4,57	-3,61	-19,98	-16,57	-13,16	-13,16	-16,57
Abril	20,10	76,67	76,67	64,57	40,38	45,42	50,46	50,46	45,42
Mayo	35,20	79,67	79,67	65,31	36,60	42,58	48,56	48,56	42,58
Junio	42,40	95,55	95,55	78,31	43,82	51,01	58,19	58,19	51,01
Julio	9,80	149,42	149,42	129,51	89,71	98,00	106,30	106,30	98,00
Agosto	27,00	109,00	109,00	92,00	58,00	65,09	72,17	72,17	65,09
Septiembre	28,00	55,52	55,52	45,08	24,20	28,55	32,90	32,90	28,55
Octubre	9,10	54,29	54,29	46,37	30,52	33,82	37,12	37,12	33,82
Noviembre	47,50	-15,24	-15,24	-19,28	-27,34	-25,66	-23,98	-23,98	-25,66
Diciembre	93,70	-74,95	-74,95	-77,29	-81,98	-81,01	-80,03	-80,03	-81,01

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DEL AÑO 2018

Tabla 17. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o), expresada en mm/día, para el año 2018. Fuente: CROPWAT 8.0.

Country		SPAIN		Station		UPNA (ETSI) 2018					
Altitude		433 m.		Latitude		42.79 °N		Longitude		1.63 °W	
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo				
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day				
January	2.4	10.1	84	99	2.6	5.3	0.64				
February	0.7	7.3	75	198	3.7	8.1	1.07				
March	3.6	11.7	68	245	4.0	11.0	1.87				
April	6.6	17.3	69	185	6.5	16.8	2.78				
May	8.0	18.9	72	189	6.2	18.3	3.15				
June	12.7	23.9	70	190	7.6	21.0	4.07				
July	15.4	28.3	66	188	9.3	22.9	4.96				
August	15.0	28.4	63	196	9.8	21.8	4.86				
September	12.8	26.7	65	157	8.7	17.3	3.68				
October	8.4	19.1	68	210	5.5	10.5	2.30				
November	5.1	13.5	77	155	2.9	5.9	1.09				
December	2.5	11.8	81	93	3.3	5.2	0.61				
Average	7.8	18.1	72	175	5.8	13.7	2.59				

Tabla 18. Cálculo de la precipitación efectiva (P_{ef}), expresada en mm/mes, para el año 2018. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación UPNA (ETSI) 2018	Método Prec. Ef Método USDA S.C.	
	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	163.8	120.9
Febrero	81.3	70.7
Marzo	70.4	62.5
Abril	153.5	115.8
Mayo	75.7	66.5
Junio	61.8	55.7
Julio	21.4	20.7
Agosto	7.2	7.1
Septiembre	24.4	23.4
Octubre	33.9	32.1
Noviembre	91.7	78.2
Diciembre	33.9	32.1
Total	819.0	685.7

Tabla 19. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2018.

Mes	Días	ET _o (mm)	ETL (mm)							
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	31	19,84	19,05	19,05	16,67	11,90	12,90	13,89	13,89	12,90
Febrero	28	29,96	28,76	28,76	25,17	17,98	19,47	20,97	20,97	19,47
Marzo	31	57,97	55,65	55,65	48,69	34,78	37,68	40,58	40,58	37,68
Abril	30	83,40	80,06	80,06	70,06	50,04	54,21	58,38	58,38	54,21
Mayo	31	97,65	93,74	93,74	82,03	58,59	63,47	68,36	68,36	63,47
Junio	30	122,10	117,22	117,22	102,56	73,26	79,37	85,47	85,47	79,37
Julio	31	153,76	147,61	147,61	129,16	92,26	99,94	107,63	107,63	99,94
Agosto	31	150,66	144,63	144,63	126,55	90,40	97,93	105,46	105,46	97,93
Septiembre	30	110,40	105,98	105,98	92,74	66,24	71,76	77,28	77,28	71,76
Octubre	31	71,30	68,45	68,45	59,89	42,78	46,35	49,91	49,91	46,35
Noviembre	30	32,70	31,39	31,39	27,47	19,62	21,26	22,89	22,89	21,26
Diciembre	31	18,91	18,15	18,15	15,88	11,35	12,29	13,24	13,24	12,29

Tabla 20. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (N_n), expresadas en mm/mes, para el año 2018.

Mes	P _{ef} (mm)	ETL - P _{ef} (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	120,90	-101,85	-101,85	-104,23	-109,00	-108,00	-107,01	-107,01	-108,00
Febrero	70,70	-41,94	-41,94	-45,53	-52,72	-51,23	-49,73	-49,73	-51,23
Marzo	62,50	-6,85	-6,85	-13,81	-27,72	-24,82	-21,92	-21,92	-24,82
Abril	115,80	-35,74	-35,74	-45,74	-65,76	-61,59	-57,42	-57,42	-61,59
Mayo	66,50	27,24	27,24	15,53	-7,91	-3,03	1,85	1,85	-3,03
Junio	55,70	61,52	61,52	46,86	17,56	23,67	29,77	29,77	23,67
Julio	20,70	126,91	126,91	108,46	71,56	79,24	86,93	86,93	79,24
Agosto	7,10	137,53	137,53	119,45	83,30	90,83	98,36	98,36	90,83
Septiembre	23,40	82,58	82,58	69,34	42,84	48,36	53,88	53,88	48,36
Octubre	32,10	36,35	36,35	27,79	10,68	14,25	17,81	17,81	14,25
Noviembre	78,20	-46,81	-46,81	-50,73	-58,58	-56,95	-55,31	-55,31	-56,95
Diciembre	32,10	-13,95	-13,95	-16,22	-20,75	-19,81	-18,86	-18,86	-19,81

CÁLCULO PARA LOS VALORES MEDIOS DEL AÑO 2019

Tabla 21. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo), expresada en mm/día, para el año 2019. Fuente: CROPWAT 8.0.

Country	SPAIN		Station	UPNA (ETSIA) 2019			
Altitude	433	m.	Latitude	42.79	°N	Longitude	1.63
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day
January	0.6	8.4	76	207	3.3	5.8	0.89
February	0.1	14.4	70	108	7.1	11.1	1.29
March	1.8	15.2	64	200	7.8	15.3	2.36
April	5.0	16.1	67	186	6.0	16.2	2.69
May	6.7	18.5	65	224	7.2	19.7	3.47
June	10.8	27.7	58	176	9.0	22.8	4.93
July	15.2	28.9	60	205	9.7	23.4	5.38
August	14.1	29.2	62	179	9.4	21.2	4.85
September	11.4	24.9	63	193	8.6	17.2	3.70
October	9.3	20.2	72	157	5.2	10.2	2.06
November	4.5	11.8	80	146	2.2	5.3	0.95
December	2.9	11.7	80	158	3.4	5.3	0.78
Average	6.9	18.9	68	178	6.6	14.5	2.78

Tabla 22. Cálculo de la precipitación efectiva (Pef), expresada en mm/mes, para el año 2019. Fuente: CROPWAT 8.0.

Estación	UPNA (ETSIA)_2019		Método Prec. Ef	Método USDA S.C.
	Precipit.	Prec. efec		
	mm	mm		
Enero	147.3	112.6		
Febrero	45.3	42.0		
Marzo	13.0	12.7		
Abril	67.3	60.1		
Mayo	86.0	74.2		
Junio	33.5	31.7		
Julio	34.5	32.6		
Agosto	7.6	7.5		
Septiembre	56.8	51.6		
Octubre	58.0	52.6		
Noviembre	226.6	144.4		
Diciembre	87.5	75.3		
Total	863.4	697.3		

Tabla 23. Necesidades hídricas según el tipo de vegetación (ETL), expresadas en mm/mes, para el año 2019.

Mes	Días	ETo (mm)	ETL (mm)							
			Césped	Praderas	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	31	27,59	26,49	26,49	23,18	16,55	17,93	19,31	19,31	17,93
Febrero	28	36,12	34,68	34,68	30,34	21,67	23,48	25,28	25,28	23,48
Marzo	31	73,16	70,23	70,23	61,45	43,90	47,55	51,21	51,21	47,55
Abril	30	80,70	77,47	77,47	67,79	48,42	52,46	56,49	56,49	52,46
Mayo	31	107,57	103,27	103,27	90,36	64,54	69,92	75,30	75,30	69,92
Junio	30	147,90	141,98	141,98	124,24	88,74	96,14	103,53	103,53	96,14
Julio	31	166,78	160,11	160,11	140,10	100,07	108,41	116,75	116,75	108,41
Agosto	31	150,35	144,34	144,34	126,29	90,21	97,73	105,25	105,25	97,73
Septiembre	30	111,00	106,56	106,56	93,24	66,60	72,15	77,70	77,70	72,15
Octubre	31	63,86	61,31	61,31	53,64	38,32	41,51	44,70	44,70	41,51
Noviembre	30	28,50	27,36	27,36	23,94	17,10	18,53	19,95	19,95	18,53
Diciembre	31	24,18	23,21	23,21	20,31	14,51	15,72	16,93	16,93	15,72

Tabla 24. Necesidades de riego según el tipo de vegetación (Nn), expresadas en mm/mes, para el año 2019.

Mes	Pef (mm)	ETL - Pef (mm)							
		Césped	Pradera	Flores	Tapizantes	Masas arbustivas	Masas arbóreas	Árboles	Arbustos
Enero	112,60	-86,11	-86,11	-89,42	-96,05	-94,67	-93,29	-93,29	-94,67
Febrero	42,00	-7,32	-7,32	-11,66	-20,33	-18,52	-16,72	-16,72	-18,52
Marzo	12,70	57,53	57,53	48,75	31,20	34,85	38,51	38,51	34,85
Abril	60,10	17,37	17,37	7,69	-11,68	-7,65	-3,61	-3,61	-7,65
Mayo	74,20	29,07	29,07	16,16	-9,66	-4,28	1,10	1,10	-4,28
Junio	31,70	110,28	110,28	92,54	57,04	64,44	71,83	71,83	64,44
Julio	32,60	127,51	127,51	107,50	67,47	75,81	84,15	84,15	75,81
Agosto	7,50	136,84	136,84	118,79	82,71	90,23	97,75	97,75	90,23
Septiembre	51,60	54,96	54,96	41,64	15,00	20,55	26,10	26,10	20,55
Octubre	52,60	8,71	8,71	1,04	-14,28	-11,09	-7,90	-7,90	-11,09
Noviembre	144,40	-117,04	-117,04	-120,46	-127,30	-125,88	-124,45	-124,45	-125,88
Diciembre	75,30	-52,09	-52,09	-54,99	-60,79	-59,58	-58,37	-58,37	-59,58

1.2. Cálculo de consumo teórico de agua

Sabiendo las necesidades hídricas del jardín (ETL) y las necesidades de riego (Nn) en mm/mes, para conocer el consumo anual teórico, se han sumado las necesidades hídricas mensuales (ETL) y se han multiplicado por la superficie que ocupa cada tipo de vegetación (Anexo 2), obteniendo así la huella hídrica anual.

Para conocer el consumo anual teórico de agua azul (huella hídrica azul), se ha llevado a cabo el mismo proceso, solo que en este caso se han sumado las necesidades de riego mensuales (Nn).

Por último, para conocer el consumo anual teórico de agua verde (huella hídrica verde), se ha calculado la diferencia entre la huella hídrica total y la huella hídrica azul, o lo que es lo mismo, se ha sumado la diferencia entre las necesidades hídricas mensuales (ETL) y las necesidades de riego mensuales (Nn).

Además, se han considerado 2 hipótesis de cálculo para el consumo teórico de agua:

- Hipótesis 1: No se consideran las necesidades de riego de árboles y arbustos. Estos al encontrarse sobre césped, praderas y tapizantes, se riegan a partir de las dosis de riego estimadas para estos últimos (no se calculan las necesidades de agua azul de árboles y arbustos).
- Hipótesis 2: Sí se consideran las necesidades de riego de los árboles y arbustos. Al contrario que en la hipótesis 1, los árboles y arbustos disponen de su propia dosis de riego, independientemente de la dosis de riego del césped, praderas o tapizantes. De esta forma, para la misma superficie, la dosis de riego aumenta (se tienen en cuenta las necesidades de agua azul de árboles y arbustos).

1.2.1. Hipótesis 1: No se consideran las necesidades de riego de árboles y arbustos

1.2.1.1. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona

Tabla 25. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	2.190.465,13	606,91	1.521.960,52	336,54	3.712.425,66	943,45
2016	2.322.659,91	643,53	1.298.773,87	287,19	3.621.433,79	930,72
2017	2.232.126,44	618,45	1.589.111,23	351,39	3.821.237,67	969,84
2018	1.685.484,28	466,99	2.006.868,39	443,77	3.692.352,67	910,76
2019	1.935.147,97	536,17	2.010.093,69	444,48	3.945.241,66	980,64
MEDIA 15 AÑOS	1.769.579,01	490,29	2.038.590,48	450,78	3.808.169,49	941,07

En las Tablas 26 - 31, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DE TODAS LAS ZONAS VERDES DE PAMPLONA, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 26. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	496,11 1.124.630,92	441,63	1.001.136,86
	Praderas	1.254.225,28	496,11 622.230,19	441,63	553.904,01
	Masas florales	10.521,98	399,92 4.207,94	420,60	4.425,56
	Tapizantes	30.634,28	217,25 6.655,36	368,83	11.298,96
	Masas arbustivas	46.945,11	252,52 11.854,60	382,41	17.952,09
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	395,37	152.232,49
	Césped	191.162,13	- -	441,63	84.423,01
	Árboles	538.505,00	- -	395,37	212.907,64
	Arbustos	810,25	- -	382,41	309,84
TOTAL		1.769.579,01		2.038.590,48	

Tabla 27. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2015, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	613,17 1.389.997,35	330,07	748.240,25
	Praderas	1.254.225,28	613,17 769.050,81	330,07	413.982,64
	Masas florales	10.521,98	512,12 5.388,54	313,21	3.295,61
	Tapizantes	30.634,28	310,03 9.497,55	279,49	8.562,10
	Masas arbustivas	46.945,11	352,13 16.530,90	286,52	13.450,64
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	293,54	113.025,80
	Césped	191.162,13	- -	330,07	63.096,96
	Árboles	538.505,00	- -	293,54	158.074,37
	Arbustos	810,25	- -	286,52	232,15
TOTAL		2.190.465,13		1.521.960,52	

Tabla 28. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2016, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	649,72 1.472.861,11	282,76	640.980,90
	Praderas	1.254.225,28	649,72 814.897,26	282,76	354.638,72
	Masas florales	10.521,98	549,86 5.785,58	266,06	2.799,49
	Tapizantes	30.634,28	350,13 10.725,86	232,67	7.127,74
	Masas arbustivas	46.945,11	391,74 18.390,11	239,63	11.249,36
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	246,58	94.944,70
	Césped	191.162,13	- -	282,76	54.052,09
	Árboles	538.505,00	- -	246,58	132.786,72
	Arbustos	810,25	- -	239,63	194,16
TOTAL		2.322.659,91		1.298.773,87	

Tabla 29. Huella hídrica azul y huella hídrica verde para el año 2017 del total de los zonas verdes, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	624,69 1.416.124,86	345,90	784.113,67
	Praderas	1.254.225,28	624,69 783.506,51	345,90	433.830,50
	Masas florales	10.521,98	521,16 5.483,60	328,11	3.452,35
	Tapizantes	30.634,28	323,23 9.901,80	283,39	8.681,51
	Masas arbustivas	46.945,11	364,46 17.109,69	292,71	13.741,21
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	302,02	116.291,32
	Césped	191.162,13	- -	345,90	66.122,06
	Árboles	538.505,00	- -	302,02	162.641,43
	Arbustos	810,25	- -	292,71	237,17
TOTAL		2.232.126,44		1.589.111,23	

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DE TODAS LAS ZONAS VERDES DE PAMPLONA, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 30. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2018, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	472,14 1.070.288,53	438,57	994.196,48
	Praderas	1.254.225,28	472,14 592.163,90	438,57	550.064,08
	Masas florales	10.521,98	387,43 4.076,54	409,44	4.308,07
	Tapizantes	30.634,28	225,93 6.921,26	343,26	10.515,46
	Masas arbustivas	46.945,11	256,34 12.034,05	360,28	16.913,36
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	375,45	144.561,73
	Césped	191.162,13	- -	438,57	83.837,75
	Árboles	538.505,00	- -	375,45	202.179,55
	Arbustos	810,25	- -	360,28	291,92
TOTAL		1.685.484,28		2.006.868,39	

Tabla 31. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del total de los zonas verdes, para el año 2019, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	2.266.911,10	542,27 1.229.271,53	434,73	985.504,24
	Praderas	1.254.225,28	542,27 680.125,23	434,73	545.254,87
	Masas florales	10.521,98	434,11 4.567,68	420,77	4.427,31
	Tapizantes	30.634,28	253,41 7.763,16	357,21	10.942,93
	Masas arbustivas	46.945,11	285,87 13.420,36	375,64	17.634,37
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	- -	392,97	151.307,24
	Césped	191.162,13	- -	434,73	83.104,75
	Árboles	538.505,00	- -	392,97	211.613,62
	Arbustos	810,25	- -	375,64	304,36
TOTAL		1.935.147,97		2.010.093,69	

1.2.1.2. Consumo teórico de agua del Parque Vuelta del Castillo

Tabla 32. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	80.447,72	611,58	109.576,77	339,56	190.024,49	951,15
2016	85.258,41	648,16	93.812,94	290,71	179.071,35	938,87
2017	81.964,44	623,12	114.765,26	355,64	196.729,70	978,75
2018	61.932,40	470,83	145.425,85	450,65	207.358,25	921,48
2019	71.125,15	540,71	144.388,64	447,44	215.513,79	988,15
MEDIA 15 AÑOS	65.063,50	494,63	146.639,24	454,41	211.702,74	949,04

En las Tablas 33 - 38, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

Tabla 33. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	496,11	64.862,05	441,63	57.739,64
	Masas arbustivas	252,52	201,45	382,41	305,06
Sin riego	Césped	-	-	441,63	84.423,01
	Árboles	-	-	395,37	4.171,53
TOTAL		65.063,50		146.639,24	

Tabla 34. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2015, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	613,17	80.166,81	330,07	43.154,06
	Masas arbustivas	352,13	280,91	286,52	228,57
Sin riego	Césped	-	-	330,07	63.096,96
	Árboles	-	-	293,54	3.097,17
TOTAL		80.447,72		109.576,77	

Tabla 35. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2016, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	649,72	84.945,90	282,76	36.967,98
	Masas arbustivas	391,74	312,51	239,63	191,16
Sin riego	Césped	-	-	282,76	54.052,09
	Árboles	-	-	246,58	2.601,71
TOTAL		85.258,41		93.812,94	

Tabla 36. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2017, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	624,69	81.673,69	345,90	45.223,03
	Masas arbustivas	364,46	290,75	292,71	233,51
Sin riego	Césped	-	-	345,90	66.122,06
	Árboles	-	-	302,02	3.186,66
TOTAL		81.964,44		114.765,26	

Tabla 37. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2018, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	472,14	61.727,90	438,57	57.339,36
	Masas arbustivas	256,34	204,50	360,28	287,41
Sin riego	Césped	-	-	438,57	83.837,75
	Árboles	-	-	375,45	3.961,33
TOTAL		61.932,40		145.425,85	

Tabla 38. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2019, según la Hipótesis 1.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	542,27	70.897,10	434,73	56.838,04
	Masas arbustivas	285,87	228,06	375,64	299,67
Sin riego	Césped	-	-	434,73	83.104,75
	Árboles	-	-	392,97	4.146,17
TOTAL		71.125,15		144.388,64	

1.2.1.3. Consumo teórico de agua del Parque Yamaguchi

Tabla 39. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	58.996,11	610,01	32.758,27	338,71	91.754,38	948,72
2016	62.534,93	646,60	28.040,84	289,94	90.575,76	936,53
2017	60.111,76	621,54	34.303,04	354,69	94.414,80	976,23
2018	45.409,40	469,52	43.458,14	449,35	88.867,54	918,87
2019	52.144,72	539,16	43.162,56	446,29	95.307,28	985,46
MEDIA 15 AÑOS	47.695,26	493,16	43.836,80	453,26	91.532,06	946,42

En las Tablas 40 - 45, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DEL PARQUE YAMAGUCHI, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 40. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.						
	Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	95.547,43	496,11	47.401,77	441,63	42.196,65
	Tapizantes	30,58	217,25	6,64	368,83	11,28
	Masas arbustivas	1.135,94	252,52	286,85	382,41	434,39
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	395,37	1.190,85
	Arbustos	9,50	-	-	382,41	3,63
TOTAL			47.695,26		43.836,80	

Tabla 41. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2015, según la Hipótesis 1.						
	Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	95.547,43	613,17	58.586,63	330,07	31.537,38
	Tapizantes	30,58	310,03	9,48	279,49	8,55
	Masas arbustivas	1.135,94	352,13	400,00	286,52	325,47
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	293,54	884,15
	Arbustos	9,50	-	-	286,52	2,72
TOTAL			58.996,11		32.758,27	

Tabla 42. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2016, según la Hipótesis 1.						
	Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	95.547,43	649,72	62.079,23	282,76	27.016,53
	Tapizantes	30,58	350,13	10,71	232,67	7,12
	Masas arbustivas	1.135,94	391,74	444,99	239,63	272,20
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	246,58	742,71
	Arbustos	9,50	-	-	239,63	2,28
TOTAL			62.534,93		28.040,84	

Tabla 43. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2017, según la Hipótesis 1.						
	Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m ³	mm	m ³
Con riego	Césped	95.547,43	624,69	59.687,87	345,90	33.049,40
	Tapizantes	30,58	323,23	9,88	283,39	8,67
	Masas arbustivas	1.135,94	364,46	414,01	292,71	332,50
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	302,02	909,70
	Arbustos	9,50	-	-	292,71	2,78
TOTAL			60.111,76		34.303,04	

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DEL PARQUE YAMAGUCHI, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 44. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2018, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	95.547,43	472,14	45.111,30	438,57	41.904,12
	Tapizantes	30,58	225,93	6,91	343,26	10,50
	Masas arbustivas	1.135,94	256,34	291,19	360,28	409,26
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	375,45	1.130,84
	Arbustos	9,50	-	-	360,28	3,42
TOTAL			45.409,40		43.458,14	

Tabla 45. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2019, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	95.547,43	542,27	51.812,24	434,73	41.537,75
	Tapizantes	30,58	253,41	7,75	357,21	10,92
	Masas arbustivas	1.135,94	285,87	324,74	375,64	426,70
Sin riego	Árboles	3.012,00	-	-	392,97	1.183,61
	Arbustos	9,50	-	-	375,64	3,57
TOTAL			52.144,72		43.162,56	

1.2.1.4. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo

Tabla 46. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 1.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	31.378,66	611,82	19.163,70	373,65	50.542,36	985,47
2016	33.254,23	648,38	16.377,71	319,33	49.631,94	967,71
2017	31.970,00	623,34	20.037,67	390,69	52.007,67	1.014,04
2018	24.157,42	471,02	25.345,97	494,19	49.503,39	965,21
2019	27.743,55	540,94	25.288,49	493,07	53.032,04	1.034,01
MEDIA 15 AÑOS	25.379,51	494,84	25.660,54	500,32	51.040,05	995,17

En las Tablas 47 - 52, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DEL PARQUE DEL MUNDO, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 47. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	496,11	25.312,39	441,63	22.532,87
	Masas arbustivas	265,80	252,52	67,12	382,41	101,64
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	395,37	3.025,36
	Arbustos	1,75	-	-	382,41	0,67
TOTAL			25.379,51		25.660,54	

Tabla 48. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2015, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	613,17	31.285,06	330,07	16.840,86
	Masas arbustivas	265,80	352,13	93,60	286,52	76,16
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	293,54	2.246,19
	Arbustos	1,75	-	-	286,52	0,50
TOTAL			31.378,66		19.163,70	

Tabla 49. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2016, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	649,72	33.150,10	282,76	14.426,74
	Masas arbustivas	265,80	391,74	104,12	239,63	63,69
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	246,58	1.886,86
	Arbustos	1,75	-	-	239,63	0,42
TOTAL			33.254,23		16.377,71	

Tabla 50. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2017, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	624,69	31.873,12	345,90	17.648,27
	Masas arbustivas	265,80	364,46	96,87	292,71	77,80
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	302,02	2.311,09
	Arbustos	1,75	-	-	292,71	0,51
TOTAL			31.970,00		20.037,67	

Tabla 51. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2018, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	472,14	24.089,29	438,57	22.376,66
	Masas arbustivas	265,80	256,34	68,14	360,28	95,76
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	375,45	2.872,91
	Arbustos	1,75	-	-	360,28	0,63
TOTAL			24.157,42		25.345,97	

Tabla 52. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2019, según la Hipótesis 1.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	51.022,01	542,27	27.667,56	434,73	22.181,02
	Masas arbustivas	265,80	285,87	75,99	375,64	99,84
Sin riego	Árboles	7.652,00	-	-	392,97	3.006,97
	Arbustos	1,75	-	-	375,64	0,66
TOTAL			27.743,55		25.288,49	

1.2.2. Hipótesis 2: Se consideran las necesidades de riego de árboles y arbustos

1.2.2.1. Consumo teórico de agua de todas las zonas verdes de Pamplona

Tabla 53. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido de todas las zonas verdes de Pamplona, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	2.270.233,07	629,01	1.521.960,52	336,54	3.792.193,60	965,55
2016	2.410.343,92	667,83	1.298.773,87	287,19	3.709.117,80	955,02
2017	2.314.214,59	641,19	1.589.111,23	351,39	3.903.325,82	992,58
2018	1.743.879,57	483,17	2.006.868,39	443,77	3.750.747,95	926,94
2019	1.999.780,84	554,07	2.010.093,69	444,48	4.009.874,54	998,55
MEDIA 15 AÑOS	1.827.930,01	506,46	2.038.590,48	450,78	3.866.520,48	957,24

En las Tablas 54 - 59, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

Tabla 54. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	2.266.911,10	496,11	1.124.630,92	441,63	1.001.136,86
Praderas	1.254.225,28	496,11	622.230,19	441,63	553.904,01
Con riego	Masas florales	399,92	4.207,94	420,60	4.425,56
	Tapizantes	217,25	6.655,36	368,83	11.298,96
	Masas arbustivas	252,52	11.854,60	382,41	17.952,09
	Árboles	288,40	58.226,32	395,37	79.822,82
	Arbustos	252,52	124,68	382,41	188,81
Sin riego	Masas arbóreas	-	-	395,37	152.232,49
	Césped	-	-	441,63	84.423,01
	Árboles	-	-	395,37	133.084,82
	Arbustos	-	-	382,41	121,03
TOTAL		1.827.930,01		2.038.590,48	

Tabla 55. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2015, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	2.266.911,10	613,17	1.389.997,35	330,07	748.240,25
Praderas	1.254.225,28	613,17	769.050,81	330,07	413.982,64
Con riego	Masas florales	512,12	5.388,54	313,21	3.295,61
	Tapizantes	310,03	9.497,55	279,49	8.562,10
	Masas arbustivas	352,13	16.530,90	286,52	13.450,64
	Árboles	394,24	79.594,08	293,54	59.264,86
	Arbustos	352,13	173,87	286,52	141,47
Sin riego	Masas arbóreas	-	-	293,54	113.025,80
	Césped	-	-	330,07	63.096,96
	Árboles	-	-	293,54	98.809,51
	Arbustos	-	-	286,52	90,68
TOTAL		2.270.233,07		1.521.960,52	

Tabla 56. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2016, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	2.266.911,10	649,72	1.472.861,11	282,76	640.980,90
Praderas	1.254.225,28	649,72	814.897,26	282,76	354.638,72
Con riego	Masas florales	549,86	5.785,58	266,06	2.799,49
	Tapizantes	350,13	10.725,86	232,67	7.127,74
	Masas arbustivas	391,74	18.390,11	239,63	11.249,36
	Árboles	433,35	87.490,59	246,58	49.784,08
	Arbustos	391,74	193,42	239,63	118,32
Sin riego	Masas arbóreas	-	-	246,58	94.944,70
	Césped	-	-	282,76	54.052,09
	Árboles	-	-	246,58	83.002,64
	Arbustos	-	-	239,63	75,84
TOTAL		2.410.343,92		1.298.773,87	

Tabla 57. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2017, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	2.266.911,10	624,69	1.416.124,86	345,90	784.113,67
Praderas	1.254.225,28	624,69	783.506,51	345,90	433.830,50
Con riego	Masas florales	521,16	5.483,60	328,11	3.452,35
	Tapizantes	323,23	9.901,80	283,39	8.681,51
	Masas arbustivas	364,46	17.109,69	292,71	13.741,21
	Árboles	405,70	81.908,20	302,02	60.977,14
	Arbustos	364,46	179,95	292,71	144,52
Sin riego	Masas arbóreas	-	-	302,02	116.291,32
	Césped	-	-	345,90	66.122,06
	Árboles	-	-	302,02	101.664,30
	Arbustos	-	-	292,71	92,64
TOTAL		2.314.214,59		1.589.111,23	

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DE TODAS LAS ZONAS VERDES DE PAMPLONA, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 58. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2018, según la Hipótesis 2.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	2.266.911,10	472,14	1.070.288,53	438,57	994.196,48
	Praderas	1.254.225,28	472,14	592.163,90	438,57	550.064,08
	Masas florales	10.521,98	387,43	4.076,54	409,44	4.308,07
	Tapizantes	30.634,28	225,93	6.921,26	343,26	10.515,46
	Masas arbustivas	46.945,11	256,34	12.034,05	360,28	16.913,36
	Árboles	201.895,00	288,61	58.268,71	375,45	75.800,67
	Arbustos	493,75	256,34	126,57	360,28	177,89
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	-	-	375,45	144.561,73
	Césped	191.162,13	-	-	438,57	83.837,75
	Árboles	336.610,00	-	-	375,45	126.378,88
	Arbustos	316,50	-	-	360,28	114,03
TOTAL			1.743.879,57		2.006.868,39	

Tabla 59. Huella hídrica azul y huella hídrica verde de todas las zonas verdes de Pamplona, para el año 2019, según la Hipótesis 2.

	Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
			mm	m³	mm	m³
Con riego	Césped	2.266.911,10	542,27	1.229.271,53	434,73	985.504,24
	Praderas	1.254.225,28	542,27	680.125,23	434,73	545.254,87
	Masas florales	10.521,98	434,11	4.567,68	420,77	4.427,31
	Tapizantes	30.634,28	253,41	7.763,16	357,21	10.942,93
	Masas arbustivas	46.945,11	285,87	13.420,36	375,64	17.634,37
	Árboles	201.895,00	319,43	64.491,72	392,97	79.337,67
	Arbustos	493,75	285,87	141,15	375,64	185,47
Sin riego	Masas arbóreas	385.040,00	-	-	392,97	151.307,24
	Césped	191.162,13	-	-	434,73	83.104,75
	Árboles	336.610,00	-	-	392,97	132.275,95
	Arbustos	316,50	-	-	375,64	118,89
TOTAL			1.999.780,84		2.010.093,69	

1.2.2.2. Consumo teórico de agua del Parque Vuelta del Castillo

Tabla 60. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Vuelta del Castillo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	84.607,30	643,21	109.576,77	339,56	194.184,07	982,77
2016	89.830,65	682,92	93.812,94	290,71	183.643,59	973,63
2017	86.244,95	655,66	114.765,26	355,64	201.010,21	1.011,30
2018	64.977,51	493,98	145.425,85	450,65	210.403,36	944,63
2019	74.495,48	566,33	144.388,64	447,44	218.884,12	1.013,77
MEDIA 15 AÑOS	68.106,39	517,76	146.639,24	454,41	214.745,64	972,17

En las Tablas 61 - 66, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DEL PARQUE VUELTA DEL CASTILLO, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 61. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	496,11	64.862,05	441,63	57.739,64
Masa arbustiva	797,75	252,52	201,45	382,41	305,06
Árboles	10.551,00	288,40	3.042,90	395,37	4.171,53
Césped sin riego	191.162,13	-	-	441,63	84.423,01
TOTAL		68.106,39		146.639,24	

Tabla 62. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2015, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	613,17	80.166,81	330,07	43.154,06
Masas arbustivas	797,75	352,13	280,91	286,52	228,57
Árboles	10.551,00	394,24	4.159,57	293,54	3.097,17
Césped sin riego	191.162,13	-	-	330,07	63.096,96
TOTAL		84.607,30		109.576,77	

Tabla 63. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2016, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	649,72	84.945,90	282,76	36.967,98
Masa arbustiva	797,75	391,74	312,51	239,63	191,16
Árboles	10.551,00	433,35	4.572,24	246,58	2.601,71
Césped sin riego	191.162,13	-	-	282,76	54.052,09
TOTAL		89.830,65		93.812,94	

Tabla 64. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2017, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	624,69	81.673,69	345,90	45.223,03
Masa arbustiva	797,75	364,46	290,75	292,71	233,51
Árboles	10.551,00	405,70	4.280,51	302,02	3.186,66
Césped sin riego	191.162,13	-	-	345,90	66.122,06
TOTAL		86.244,95		114.765,26	

Tabla 65. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2018, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	472,14	61.727,90	438,57	57.339,36
Masa arbustiva	797,75	256,34	204,50	360,28	287,41
Árboles	10.551,00	288,61	3.045,11	375,45	3.961,33
Césped sin riego	191.162,13	-	-	438,57	83.837,75
TOTAL		64.977,51		145.425,85	

Tabla 66. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Vuelta del Castillo, para el año 2019, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m³	mm	m³
Césped	130.742,00	542,27	70.897,10	434,73	56.838,04
Masa arbustiva	797,75	285,87	228,06	375,64	299,67
Árboles	10.551,00	319,43	3.370,33	392,97	4.146,17
Césped sin riego	191.162,13	-	-	434,73	83.104,75
TOTAL		74.495,48		144.388,64	

1.2.2.3. Consumo teórico de agua del Parque Yamaguchi

Tabla 67. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque Yamaguchi, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	60.186,89	622,32	32.758,27	338,71	92.945,16	961,03
2016	63.843,89	660,13	28.040,84	289,94	91.884,73	950,07
2017	61.337,18	634,21	34.303,04	354,69	95.640,22	988,90
2018	46.281,13	478,54	43.458,14	449,35	89.739,27	927,88
2019	53.109,57	549,14	43.162,56	446,29	96.272,13	995,43
MEDIA 15 AÑOS	48.566,32	502,16	43.836,80	453,26	92.403,12	955,43

En las Tablas 68 - 73, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

Tabla 68. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	496,11	47.401,77	441,63	42.196,65
Tapizantes	30,58	217,25	6,64	368,83	11,28
Masas arbustivas	1.135,94	252,52	286,85	382,41	434,39
Árboles	3.012,00	288,40	868,66	395,37	1.190,85
Arbustos	9,50	252,52	2,40	382,41	3,63
TOTAL		48.566,32		43.836,80	

Tabla 69. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2015, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	613,17	58.586,63	330,07	31.537,38
Tapizantes	30,58	310,03	9,48	279,49	8,55
Masas arbustivas	1.135,94	352,13	400,00	286,52	325,47
Árboles	3.012,00	394,24	1.187,44	293,54	884,15
Arbustos	9,50	352,13	3,35	286,52	2,72
TOTAL		60.186,89		32.758,27	

Tabla 70. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2016, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	649,72	62.079,23	282,76	27.016,53
Tapizantes	30,58	350,13	10,71	232,67	7,12
Masas arbustivas	1.135,94	391,74	444,99	239,63	272,20
Árboles	3.012,00	433,35	1.305,24	246,58	742,71
Arbustos	9,50	391,74	3,72	239,63	2,28
TOTAL		63.843,89		28.040,84	

Tabla 71. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2017, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	624,69	59.687,87	345,90	33.049,40
Tapizantes	30,58	323,23	9,88	283,39	8,67
Masas arbustivas	1.135,94	364,46	414,01	292,71	332,50
Árboles	3.012,00	405,70	1.221,96	302,02	909,70
Arbustos	9,50	364,46	3,46	292,71	2,78
TOTAL		61.337,18		34.303,04	

Tabla 72. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2018, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	472,14	45.111,30	438,57	41.904,12
Tapizantes	30,58	225,93	6,91	343,26	10,50
Masas arbustivas	1.135,94	256,34	291,19	360,28	409,26
Árboles	3.012,00	288,61	869,29	375,45	1.130,84
Arbustos	9,50	256,34	2,44	360,28	3,42
TOTAL		46.281,13		43.458,14	

Tabla 73. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque Yamaguchi, para el año 2019, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	95.547,43	542,27	51.812,24	434,73	41.537,75
Tapizantes	30,58	253,41	7,75	357,21	10,92
Masas arbustivas	1.135,94	285,87	324,74	375,64	426,70
Árboles	3.012,00	319,43	962,13	392,97	1.183,61
Arbustos	9,50	285,87	2,72	375,64	3,57
TOTAL		53.109,57		43.162,56	

1.2.2.4. Consumo teórico de agua del Parque del Mundo

Tabla 74. Volumen de agua azul, agua verde y total consumido del Parque del Mundo, para los años establecidos, según la Hipótesis 2.

	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde		Huella hídrica	
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm
2015	34.395,96	670,65	19.163,70	373,65	53.559,67	1.044,30
2016	36.570,88	713,05	16.377,71	319,33	52.948,59	1.032,38
2017	35.075,03	683,89	20.037,67	390,69	55.112,70	1.074,58
2018	26.366,31	514,09	25.345,97	494,19	51.712,27	1.008,28
2019	30.188,34	588,61	25.288,49	493,07	55.476,83	1.081,68
MEDIA 15 AÑOS	27.586,78	537,88	25.660,54	500,32	53.247,32	1.038,21

En las Tablas 75 - 80, se muestran los resultados obtenidos para cada año, y para la media de los últimos 15 años de forma más detallada, según el tipo de vegetación.

CONSUMO TEÓRICO DE AGUA DEL PARQUE DEL MUNDO, SEGÚN EL TIPO DE VEGETACIÓN

Tabla 75. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para la media de los últimos 15 años, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	496,11	25.312,39	441,63	22.532,87
Masas arbustivas	265,80	252,52	67,12	382,41	101,64
Árboles	7.652,00	288,40	2.206,83	395,37	3.025,36
Arbustos	1,75	252,52	0,44	382,41	0,67
TOTAL		27.586,78		25.660,54	

Tabla 76. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2015, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	613,17	31.285,06	330,07	16.840,86
Masas arbustivas	265,80	352,13	93,60	286,52	76,16
Árboles	7.652,00	394,24	3.016,69	293,54	2.246,19
Arbustos	1,75	352,13	0,62	286,52	0,50
TOTAL		34.395,96		19.163,70	

Tabla 77. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2016, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	649,72	33.150,10	282,76	14.426,74
Masas arbustivas	265,80	391,74	104,12	239,63	63,69
Árboles	7.652,00	433,35	3.315,97	246,58	1.886,86
Arbustos	1,75	391,74	0,69	239,63	0,42
TOTAL		36.570,88		16.377,71	

Tabla 78. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2017, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	624,69	31.873,12	345,90	17.648,27
Masas arbustivas	265,80	364,46	96,87	292,71	77,80
Árboles	7.652,00	405,70	3.104,39	302,02	2.311,09
Arbustos	1,75	364,46	0,64	292,71	0,51
TOTAL		35.075,03		20.037,67	

Tabla 79. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2018, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	472,14	24.089,29	438,57	22.376,66
Masas arbustivas	265,80	256,34	68,14	360,28	95,76
Árboles	7.652,00	288,61	2.208,44	375,45	2.872,91
Arbustos	1,75	256,34	0,45	360,28	0,63
TOTAL		26.366,31		25.345,97	

Tabla 80. Huella hídrica azul y huella hídrica verde del Parque del Mundo, para el año 2019, según la Hipótesis 2.

Tipo de vegetación	Superficie (m ²)	Huella hídrica azul		Huella hídrica verde	
		mm	m ³	mm	m ³
Césped	51.022,01	542,27	27.667,56	434,73	22.181,02
Masas arbustivas	265,80	285,87	75,99	375,64	99,84
Árboles	7.652,00	319,43	2.444,29	392,97	3.006,97
Arbustos	1,75	285,87	0,50	375,64	0,66
TOTAL		30.188,34		25.288,49	

ANEXO 4

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS3

1. Cálculo de la huella de carbono en zonas verdes urbanas 4

1.1. Absorciones de CO₂ estimadas para todas las zonas verdes de Pamplona4

1.2. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque Vuelta del Castillo6

1.3. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque Yamaguchi 7

1.4. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque del Mundo8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Absorciones de CO ₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles que han salido de forma natural en el total de zonas verdes de Pamplona. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).....	4
Tabla 2. Absorciones de CO ₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el total de zonas verdes de Pamplona. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).	5
Tabla 3. Absorciones totales de CO ₂ acumuladas en 50 años, para el total de zonas verdes de Pamplona.	6
Tabla 4. Absorciones de CO ₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque Vuelta del Castillo. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).	6
Tabla 5. Absorciones totales de CO ₂ acumuladas en 50 años, en el Parque Vuelta del Castillo.	7
Tabla 6. Absorciones de CO ₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque Yamaguchi. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).	7
Tabla 7. Absorciones totales de CO ₂ acumuladas en 50 años, en el Parque Yamaguchi.....	7
Tabla 8. Absorciones de CO ₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque del Mundo. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO ₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).	8
Tabla 9. Absorciones totales de CO ₂ acumuladas en 50 años, en el Parque del Mundo.	8

1. Cálculo de la huella de carbono en zonas verdes urbanas

Como se ha descrito anteriormente, la huella de carbono es un indicador que mide la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades humanas. Para el cálculo de la huella de carbono en zonas verdes, este indicador mide las emisiones y absorciones de CO₂ en la implantación, desarrollo y mantenimiento de estos espacios verdes. Como no se dispone de la información necesaria sobre la implantación, desarrollo y mantenimiento de las zonas verdes de Pamplona (como vehículos que se emplean en el mantenimiento, labores de poda, fechas de plantación, etcétera), únicamente se han calculado la absorciones de CO₂ (función de sumidero) de estos espacios verdes urbanos. Para el cálculo, se ha empleado la *Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas*, elaborada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Los cálculos se han realizado para el total de árboles presentes en las zonas verdes de Pamplona (árboles plantados y árboles naturales), y para 3 parques representativos de la ciudad.

Cabe destacar que las absorciones indicadas se corresponden con la estimación de las absorciones que se espera obtener desde el año en que se produce la plantación hasta el término de periodo de permanencia, en este caso de 50 años. En la Memoria, en el *Apartado 2.3. Método de cálculo de la huella de carbono en zonas verdes urbanas*, se describe la metodología de cálculo de la huella de carbono más detalladamente.

1.1. Absorciones de CO₂ estimadas para todas las zonas verdes de Pamplona

Tabla 1. Absorciones de CO₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles que han salido de forma natural en el total de zonas verdes de Pamplona. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
		t CO ₂ /pie	t CO ₂
<i>Acer spp.</i>	59	0,37	22,09
<i>Cedrus atlantica</i>	141	4,26	600,11
<i>Cupressus macrocarpa</i>	17	0,18	3,13
<i>Fraxinus spp.</i>	279	0,41	114,54
<i>Juglans regia</i>	7	0,31	2,17
<i>Pinus nigra Sistema Ibérico</i>	687	0,16	108,51
<i>Platanus hispanica</i>	131	1,58	206,83
<i>Populus alba</i>	3.894	1,58	6.148,11
<i>Populus nigra</i>	2.329	2,37	5.518,57
<i>Robinia pseudacacia</i>	135	0,49	66,36
<i>Salix spp.</i>	581	1,71	992,01
<i>Ulmus spp.</i>	2.141	0,72	1.540,80
SUBTOTAL	10.401		15.323,23
RESTO	533	0,32	170,58
TOTAL	10.934		15.493,81

Tabla 2. Absorciones de CO₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el total de zonas verdes de Pamplona. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años		Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
		t CO ₂ /pie	t CO ₂			t CO ₂ /pie	t CO ₂
<i>Abies alba</i>	234	0,16	37,17	<i>Pinus nigra</i> Sistema Ibérico	156	0,16	24,64
<i>Abies pinsapo</i>	31	0,55	17,00	<i>Pinus pinaster</i>	21	1,14	23,94
<i>Acer spp.</i>	13.195	0,37	4.940,05	<i>Pinus pinea</i>	171	0,37	62,60
<i>Castanea sativa</i>	1.791	0,31	555,74	<i>Pinus radiata</i>	1	2,23	2,23
<i>Alnus spp.</i>	466	0,16	75,46	<i>Pinus sylvestris</i> Pirineos	35	0,21	7,27
<i>Amelanchier ovalis</i>	26	0,50	12,92	<i>Pistacia terebinthus</i>	26	0,50	12,92
<i>Arbutus unedo</i>	25	0,15	3,73	<i>Pinus sylvestris</i> (Resto)	129	0,18	23,77
<i>Betula spp.</i>	1.102	0,16	171,58	<i>Platanus hispanica</i>	3.612	1,58	5.702,87
<i>Carpinus betulus</i>	1.563	0,16	243,35	<i>Populus alba</i>	1.883	1,58	2.973,01
<i>Cedrus atlantica</i>	767	4,26	3.264,41	<i>Populus x canadensis</i>	594	2,53	1.502,61
<i>Celtis australis</i>	1.861	2,37	4.409,64	<i>Populus nigra</i>	992	2,37	2.350,55
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	162	0,02	2,95	<i>Prunus spp.</i>	4.559	0,37	1.706,84
<i>Cornus sanguinea</i>	24	0,50	11,93	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	18	4,26	76,61
<i>Corylus avellana</i>	256	0,20	50,15	<i>Pyrus spp.</i>	256	0,37	95,84
<i>Crataegus spp.</i>	153	0,50	76,04	<i>Quercus faginea</i>	248	0,16	40,32
<i>Cupressus arizonica</i>	113	0,18	20,82	<i>Quercus ilex</i>	679	0,12	81,63
<i>Cupressus macrocarpa</i>	143	0,18	26,35	<i>Quercus petraea</i>	6	0,30	1,79
<i>Cupressus sempervirens</i>	976	0,18	179,85	<i>Quercus pubescens</i> (Q. humilis)	37	0,33	12,20
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	22	4,41	97,12	<i>Quercus pyrenaica</i>	3	0,25	0,74
<i>Fagus sylvatica</i>	445	0,28	125,88	<i>Quercus robur</i>	724	0,42	306,93
<i>Fraxinus spp.</i>	3.986	0,41	1.636,35	<i>Quercus rubra</i>	17	0,50	8,43
<i>Ilex aquifolium</i>	149	0,12	17,86	<i>Quercus suber</i>	51	0,19	9,45
<i>Juglans regia</i>	430	0,31	133,43	<i>Robinia pseudacacia</i>	1.194	0,49	586,92
<i>Juniperus oxycedrus</i> , J. communis	16	0,03	0,46	<i>Salix spp.</i>	637	1,71	1.087,62
<i>Larix spp.</i>	3	0,86	2,58	<i>Sorbus spp.</i>	1.118	0,41	461,58
<i>Laurus nobilis</i>	26	0,50	12,92	<i>Tamarix spp.</i>	74	0,20	14,81
<i>Malus sylvestris</i>	137	0,37	51,29	<i>Taxus baccata</i>	129	0,18	23,77
<i>Olea europaea</i>	44	0,14	6,17	<i>Tetraclinis articulata</i>	5	0,20	1,00
<i>Phillyrea latifolia</i>	1	0,24	0,24	<i>Thuja spp.</i>	69	0,03	1,96
<i>Phoenix spp.</i>	13	1,71	22,20	<i>Tilia spp.</i>	2.933	0,17	488,32
<i>Picea abies</i>	497	4,26	2.115,27	<i>Ulmus spp.</i>	615	0,72	442,59
<i>Pinus canariensis</i>	3	0,23	0,68	SUBTOTAL	49.515		36.436,47
<i>Pinus halepensis</i>	19	0,20	3,73	RESTO	14.447	0,32	4.623,47
				TOTAL	63.962		41.059,94

Una vez que se han calculado las absorciones de los árboles plantados y de los árboles que han salido de forma natural en el total de las zonas verdes de Pamplona, se calculan las absorciones totales de CO₂ (Tabla 3).

Tabla 3. Absorciones totales de CO₂ acumuladas en 50 años, para el total de zonas verdes de Pamplona.

	Nº de pies	Superficie (ha)	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
			t CO ₂	t CO ₂ /ha
Árboles naturales	10.934	38,50	15.493,81	402,39
Árboles plantados	63.962	53,85	41.059,94	762,48
TOTAL	74.896	92,35	56.553,75	612,36

1.2. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque Vuelta del Castillo

Tabla 4. Absorciones de CO₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque Vuelta del Castillo.
Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
		t CO ₂ /pie	t CO ₂
<i>Acer spp.</i>	255	0,37	95,47
<i>Castanea sativa</i>	32	0,31	9,93
<i>Castanea sativa</i>	69	0,31	21,41
<i>Betula spp.</i>	30	0,16	4,67
<i>Carpinus betulus</i>	136	0,16	21,17
<i>Cedrus atlantica</i>	16	4,26	68,10
<i>Celtis australis</i>	62	2,37	146,91
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	1	0,02	0,02
<i>Cupressus arizonica</i>	8	0,18	1,47
<i>Fagus sylvatica</i>	2	0,28	0,57
<i>Pinus pinaster</i>	15	1,14	17,10
<i>Fraxinus spp.</i>	33	0,41	13,55
<i>Juglans regia</i>	4	0,31	1,24
<i>Picea abies</i>	5	4,26	21,28
<i>Pinus pinea</i>	1	0,37	0,37
<i>Platanus hispanica</i>	85	1,58	134,20
<i>Populus alba</i>	99	1,58	156,31
<i>Populus nigra</i>	2	2,37	4,74
<i>Prunus spp.</i>	5	0,37	1,87
<i>Quercus pubescens (Q. humilis)</i>	33	0,33	10,88
<i>Robinia pseudacacia</i>	1	0,49	0,49
<i>Sorbus spp.</i>	7	0,41	2,89
<i>Castanea sativa</i>	8	0,31	2,48
<i>Tilia spp.</i>	1	0,17	0,17
<i>Ulmus spp.</i>	53	0,72	38,14
TOTAL	963		775,43

Tabla 5. Absorciones totales de CO₂ acumuladas en 50 años, en el Parque Vuelta del Castillo.

	Nº de pies	Superficie (ha)	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
			t CO ₂	t CO ₂ /ha
Árboles plantados	963	1,06	775,43	734,94

1.3. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque Yamaguchi

Tabla 6. Absorciones de CO₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque Yamaguchi. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas	
		t CO ₂ /pie	t CO ₂
<i>Abies alba</i>	25	0,16	3,97
<i>Acer spp.</i>	106	0,37	39,69
<i>Alnus spp.</i>	22	0,16	3,56
<i>Betula spp.</i>	7	0,16	1,09
<i>Carpinus betulus</i>	18	0,16	2,80
<i>Cedrus atlantica</i>	26	4,26	110,66
<i>Celtis australis</i>	13	2,37	30,80
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	3	0,02	0,05
<i>Crataegus spp.</i>	5	0,50	2,49
<i>Fraxinus spp.</i>	10	0,41	4,11
<i>Ilex aquifolium</i>	11	0,12	1,32
<i>Larix spp.</i>	1	0,86	0,86
<i>Laurus nobilis</i>	1	0,50	0,50
<i>Malus sylvestris</i>	1	0,37	0,37
<i>Picea abies</i>	1	4,26	4,26
<i>Pinus pinea</i>	17	0,37	6,22
<i>Populus alba</i>	18	1,58	28,42
<i>Prunus spp.</i>	52	0,37	19,47
<i>Pyrus spp.</i>	16	0,37	5,99
<i>Quercus suber</i>	39	0,19	7,23
<i>Salix spp.</i>	8	1,71	13,66
<i>Sorbus spp.</i>	6	0,41	2,48
SUBTOTAL	406		289,99
RESTO	212	0,32	67,85
TOTAL	618		357,83

Tabla 7. Absorciones totales de CO₂ acumuladas en 50 años, en el Parque Yamaguchi

	Nº de pies	Superficie (ha)	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
			t CO ₂	t CO ₂ /ha
Árboles plantados	618	0,30	357,83	1.188,03

1.4. Absorciones de CO₂ estimadas para el Parque del Mundo

Tabla 8. Absorciones de CO₂ acumuladas en 50 años, para cada especie de árboles plantados en el Parque del Mundo. Fuente: Calculadora de Absorciones de CO₂ ex ante de las Especies Forestales Arbóreas Españolas (2018).

Especie	Nº de pies	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
		t CO ₂ /pie	t CO ₂
<i>Abies alba</i>	4	0,16	0,64
<i>Abies pinsapo</i>	1	0,55	0,55
<i>Acer spp.</i>	44	0,37	16,47
<i>Betula spp.</i>	15	0,16	2,34
<i>Cedrus atlantica</i>	40	4,26	170,24
<i>Celtis australis</i>	10	2,37	23,70
<i>Corylus avellana</i>	1	0,20	0,20
<i>Cupressus sempervirens</i>	36	0,18	6,63
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	20	4,41	88,29
<i>Fagus sylvatica</i>	20	0,28	5,66
<i>Fraxinus spp.</i>	4	0,41	1,64
<i>Olea europaea</i>	3	0,14	0,42
<i>Phoenix spp.</i>	2	1,71	3,41
<i>Pinus nigra</i> Sistema Ibérico	15	0,16	2,37
<i>Pinus pinea</i>	19	0,37	6,96
<i>Platanus hispanica</i>	43	1,58	67,89
<i>Populus nigra</i>	113	2,37	267,75
<i>Prunus spp.</i>	42	0,37	15,72
<i>Pyrus spp.</i>	1	0,37	0,37
<i>Quercus ilex</i>	46	0,12	5,53
<i>Robinia pseudacacia</i>	1	0,49	0,49
<i>Salix spp.</i>	5	1,71	8,54
<i>Thuja spp.</i>	1	0,03	0,03
<i>Tilia spp.</i>	12	0,17	2,00
SUBTOTAL	498		697,84
RESTO	344	0,32	110,09
TOTAL	842		807,93

Tabla 9. Absorciones totales de CO₂ acumuladas en 50 años, en el Parque del Mundo.

	Nº de pies	Superficie (ha)	Absorciones estimadas acumuladas en 50 años	
			t CO ₂	t CO ₂ /ha
Árboles plantados	842	0,77	807,93	1.055,84

ANEXO 5

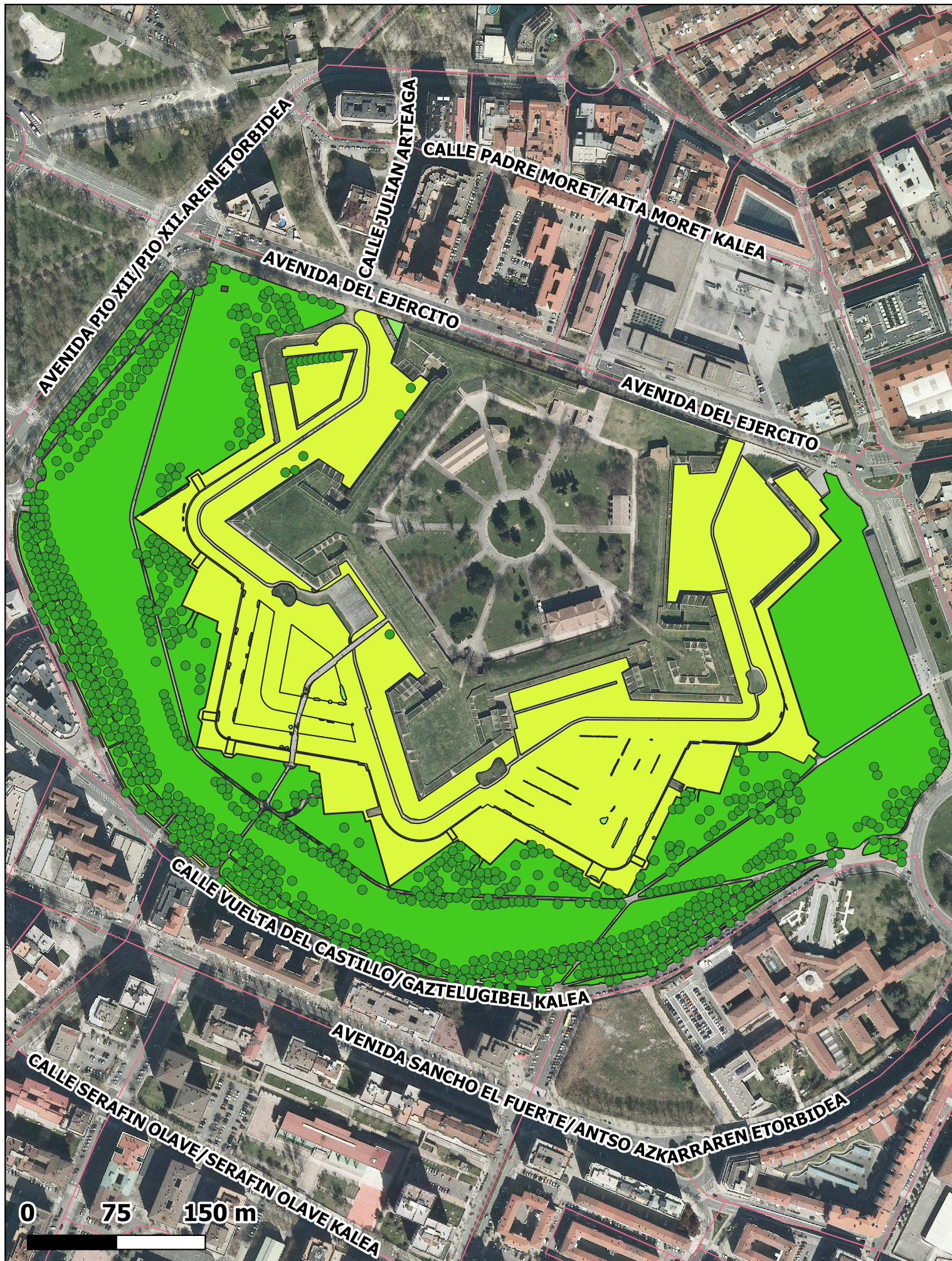
PLANOS

ÍNDICE GENERAL

Plano 1: Parque Vuelta del Castillo

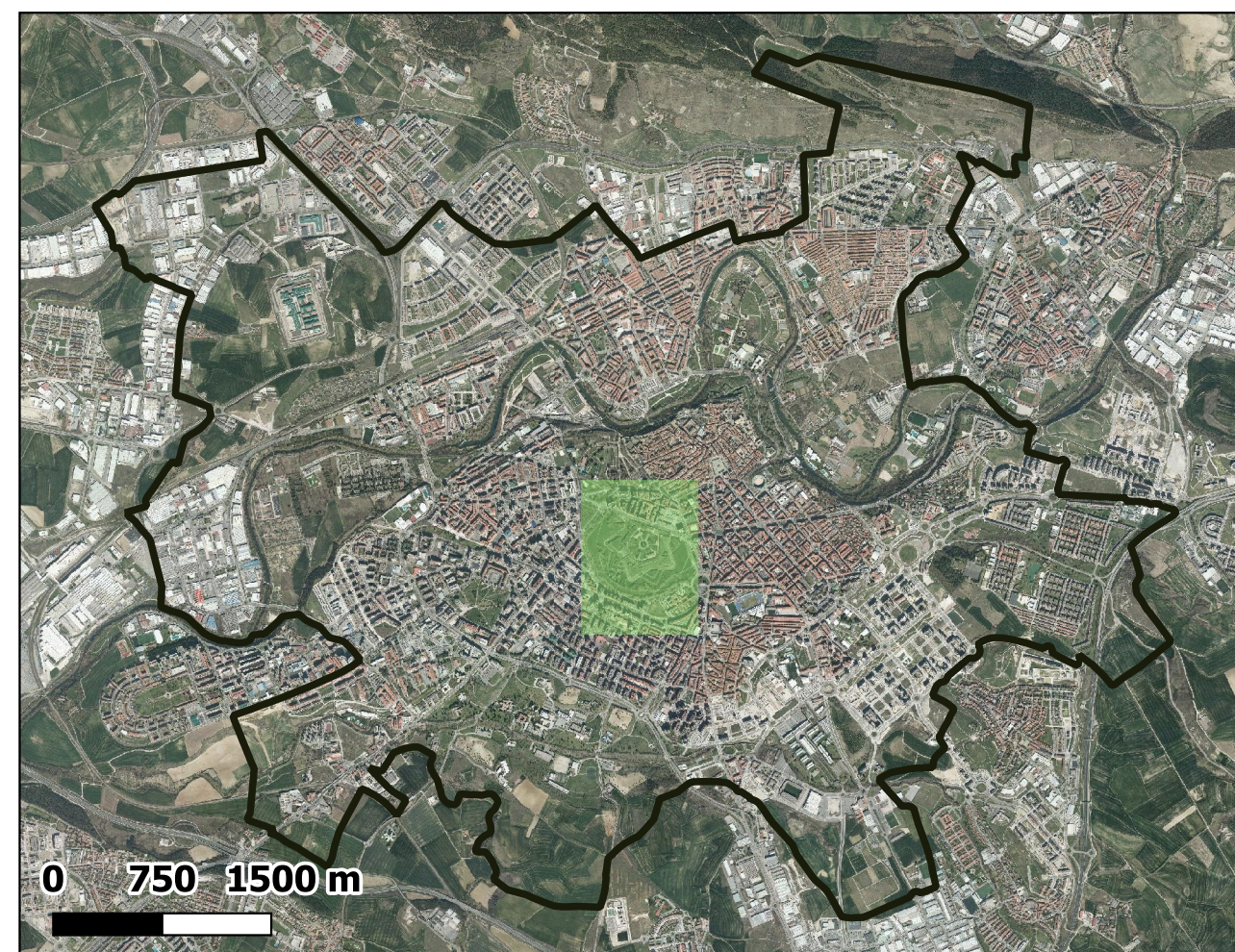
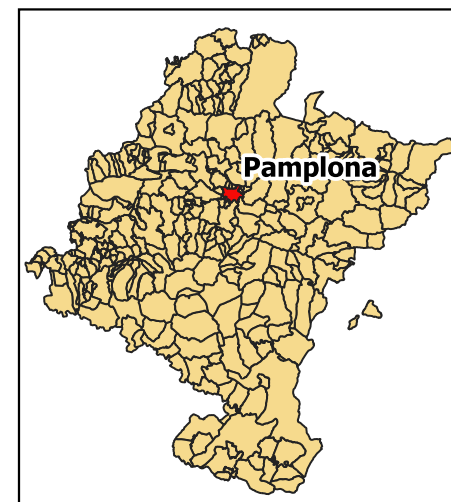
Plano 2: Parque Yamaguchi

Plano 3: Parque del Mundo



LEYENDA

- Césped con riego
- Masas arbustivas
- Césped sin riego
- Unidades de árboles
- Calles

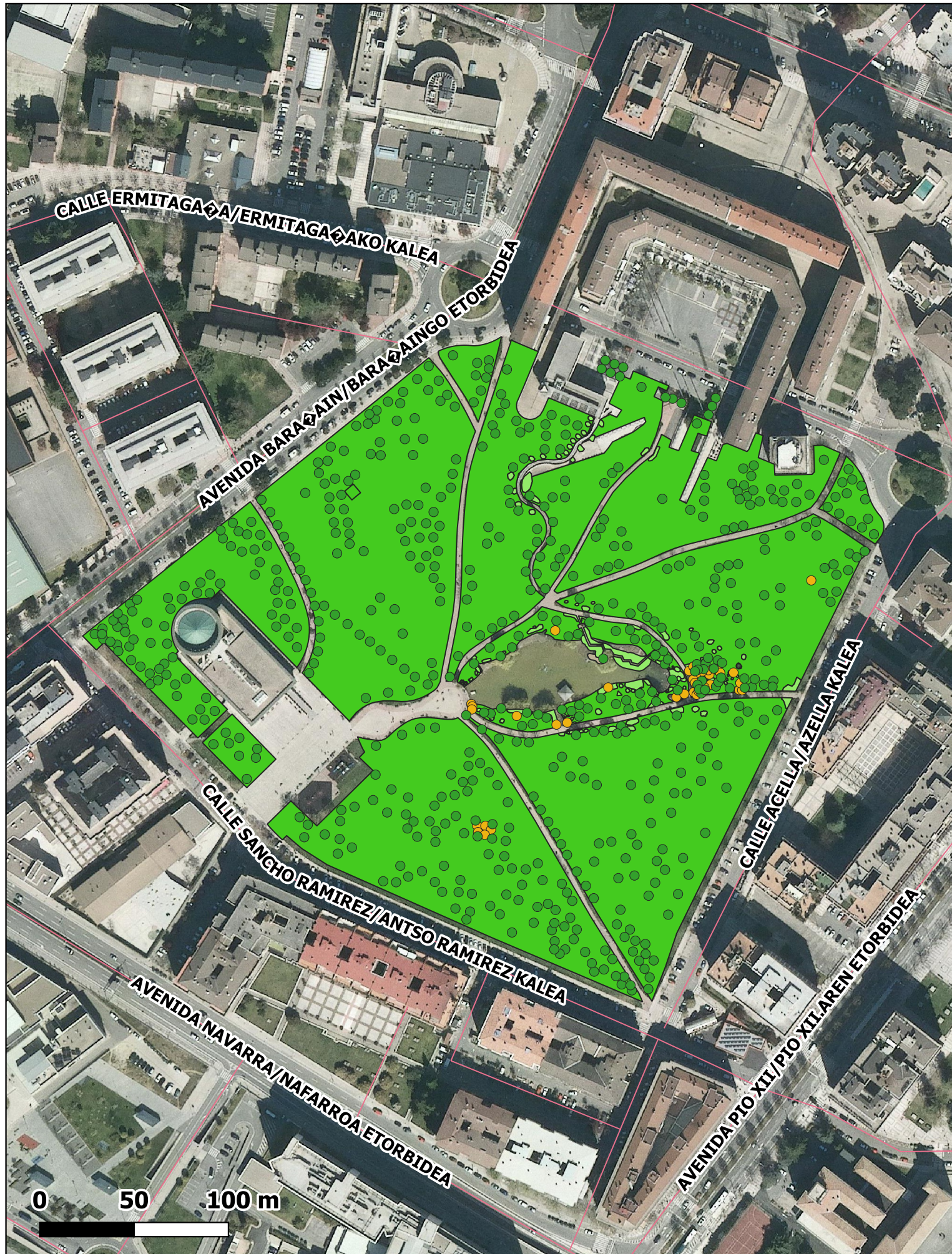


Universidad Pública de Navarra
Máster Universitario en Ingeniería Agronómica



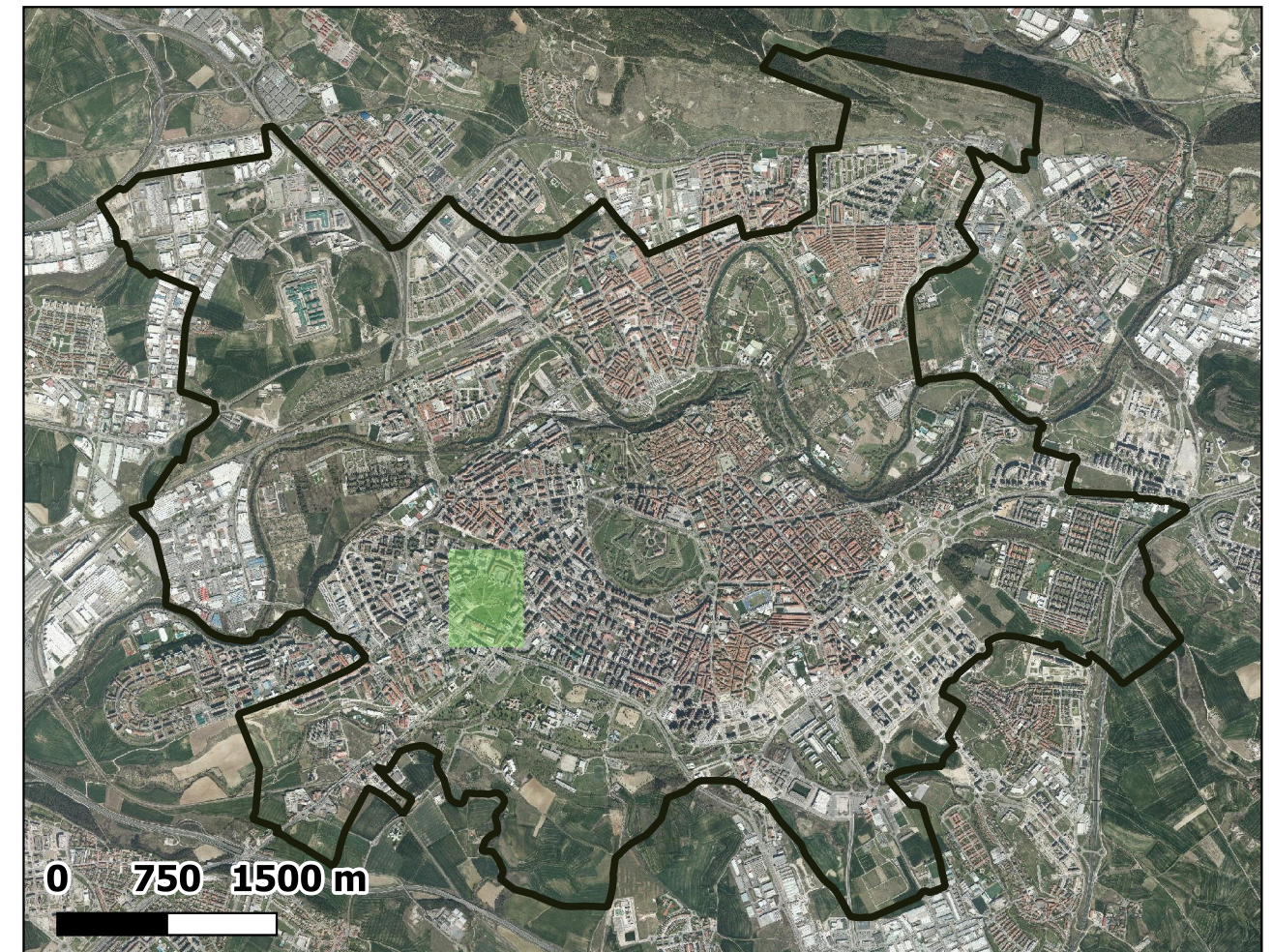
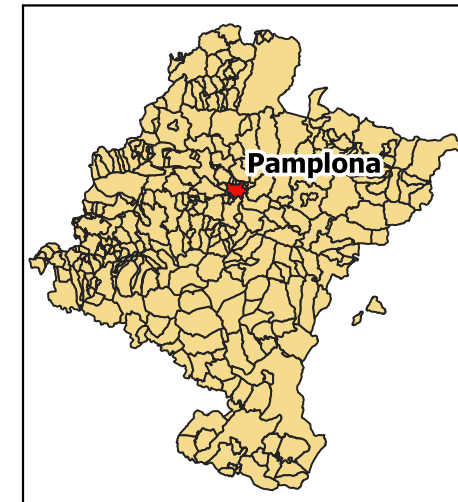
HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA (NAVARRA)

Elaborado por		PAMPLONA
Idoia Zabalza Ojer		9 de febrero de 2021
	PARQUE VUELTA DEL CASTILLO	ESCALA
		1 / 4000
		PLANO Nº 1 / 3



LEYENDA

- Césped
- Masas arbustivas
- Plantas tapizantes
- Unidades de árboles
- Unidades de arbustos
- Calles



Universidad Pública de Navarra
Máster Universitario en Ingeniería Agronómica



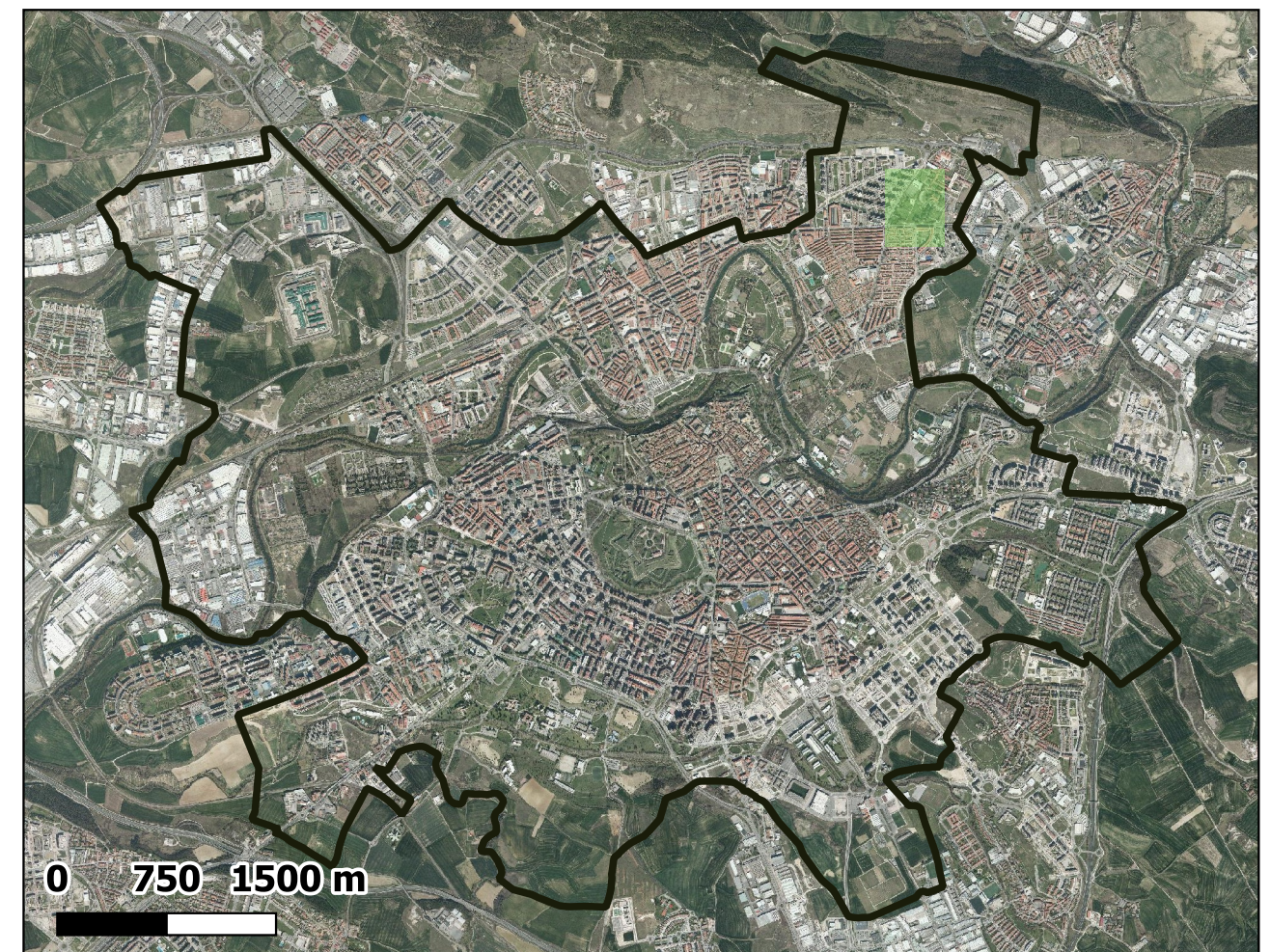
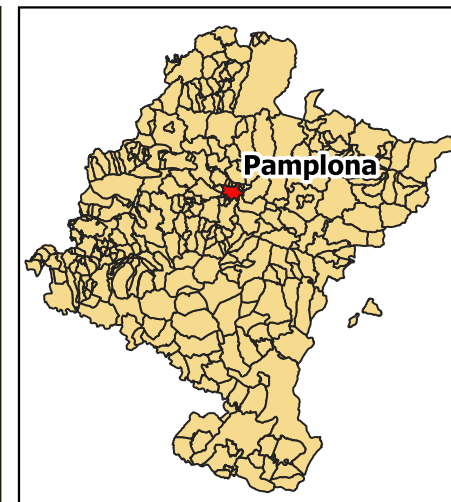
HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA (NAVARRA)

Elaborado por		PAMPLONA
Idoia Zabalza Ojer		9 de febrero de 2021
	PARQUE YAMAGUCHI	ESCALA
		1 / 2500
		PLANO Nº 2 / 3



LEYENDA

- Césped
- Masas arbustivas
- Unidades de árboles
- Unidades de arbustos
- Calles



upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Universidad Pública de Navarra
Máster Universitario en Ingeniería Agronómica



HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES DE PAMPLONA (NAVARRA)

Elaborado por		PAMPLONA 9 de febrero de 2021
Idoia Zabalza Ojer	PARQUE DEL MUNDO	ESCALA 1 / 2000
		PLANO Nº 3 / 3